



Ciudades sostenibles

Un enfoque de modelaje urbano integrado
para el análisis de política en Colombia

Ricardo Smith Quintero / Ángela Cadena Monroy /
Mónica Espinosa Valderrama / Nicanor Quijano

Clemencia Escallón / José A. Guevara / Luis A. Guzmán / Guillermo Jiménez / Juana Mariño / Angélica Ospina /
Daniel Oviedo / Juan P. Rodríguez / Manuel Rodríguez / Hernando Vargas / Natalia Bernal / Charly Cepeda /
Jhon Escorcía / Álvaro A. Garay / Mónica Giraldo / Sara Jiménez / Luis G. Marín / Natalia Montoya / Eliana Ortiz /
Lorena Pupo / María Rincón / Felipe Rivera / Flavio Suárez / Óscar Torres / Luis Ignacio Betancur /
Sussane Charlesworth / Julio Dávila / Darío Hidalgo / Dimitri Zaninovich

Ciudades sostenibles

Un enfoque de modelaje urbano integrado
para el análisis de política en Colombia

Nombre: Smith Quintero, Ricardo, autor. | Cadena Monroy, Ángela Inés, autora. | Espinosa Valderrama, Mónica, autora. | Quijano Silva, Nicanor, autor.
Título: Ciudades sostenibles : un enfoque de modelaje urbano integrado para el análisis de política en Colombia / Ricardo Smith Quintero, Ángela Cadena Monroy, Mónica Espinosa Valderrama, Nicanor Quijano [y otros veintiocho].
Descripción: Bogotá : Universidad de los Andes, Ediciones Uniandes, 2022. | 191 páginas : ilustraciones ; 21,5 × 28 cm.
Identificadores: ISBN 9789587982817 (rústica) | 9789587982824 (electrónico)
Materias: Desarrollo urbano sostenible | Cambios climáticos | Ecosistemas urbanos

Clasificación: CDD 307.76–dc23
SBUA

Primera edición: abril del 2022

© Ricardo Smith Quintero, Ángela Cadena Monroy, Mónica Espinosa Valderrama, Nicanor Quijano, Luis Ignacio Betancur, Sussane Charlesworth, Julio Dávila, Darío Hidalgo, Dimitri Zaninovich, Clemencia Escallón, José A. Guevara, Luis Á. Guzmán, Guillermo Jiménez, Juana Mariño, Angélica Ospina, Daniel Oviedo, Juan P. Rodríguez, Manuel Rodríguez, Hernando Vargas, Natalia Bernal, Charly Cepeda, Jhon Escorcia, Álvaro A. Garay, Mónica Giraldo, Sara Jiménez, Luis G. Marín, Natalia Montoya, Eliana Ortiz, Lorena Pupo, María Alejandra Rincón, Felipe Rivera, Flavio Suárez y Óscar Torres

© Universidad de los Andes, Facultad de Arquitectura y Diseño, Departamento de Arquitectura, Facultad de Ingeniería

Ediciones Uniandes
Carrera 1.ª n.º 18A-12, bloque Tm
Bogotá, D. C., Colombia
Teléfono: 601 339 4949, ext. 2133
<http://ediciones.uniandes.edu.co>
<http://ebooks.uniandes.edu.co>
infeduni@uniandes.edu.co

ISBN: 978-958-798-281-7
ISBN *e-book*: 978-958-798-282-4
DOI: <http://dx.doi.org/10.51571/202202>

Corrección de estilo: Tatiana Grosch Obregón
Diagramación: La Clínica
Diseño de cubierta: Juan David Cadena

Impresión:
La Imprenta Editores S. A.
Calle 77 n.º 27A-39
Bogotá, D. C., Colombia

Impreso en Colombia – *Printed in Colombia*

Universidad de los Andes | Vigilada Mineducación. Reconocimiento como universidad: Decreto 1297 del 30 de mayo de 1964. Reconocimiento de personería jurídica: Resolución 28 del 23 de febrero de 1949, Minjusticia. Acreditación institucional de alta calidad, 10 años: Resolución 582 del 9 de enero del 2015, Mineducación.

Todos los derechos reservados. Esta publicación no puede ser reproducida ni en su todo ni en sus partes, ni registrada en o transmitida por un sistema de recuperación de información, en ninguna forma ni por ningún medio, sea mecánico, fotoquímico, electrónico, magnético, electro-óptico, por fotocopia o cualquier otro, sin el permiso previo por escrito de la editorial.

Ciudades sostenibles

Un enfoque de modelaje urbano integrado
para el análisis de política en Colombia

Ricardo Smith Quintero / Ángela Cadena Monroy /
Mónica Espinosa Valderrama / Nicanor Quijano

Clemencia Escallón / José A. Guevara / Luis A. Guzmán / Guillermo Jiménez / Juana Mariño / Angélica Ospina /
Daniel Oviedo / Juan P. Rodríguez / Manuel Rodríguez / Hernando Vargas / Natalia Bernal / Charly Cepeda /
Jhon Escorcía / Álvaro A. Garay / Mónica Giraldo / Sara Jiménez / Luis G. Marín / Natalia Montoya / Eliana Ortiz /
Lorena Pupo / María Rincón / Felipe Rivera / Flavio Suárez / Óscar Torres / Luis Ignacio Betancur /
Sussane Charlesworth / Julio Dávila / Darío Hidalgo / Dimitri Zaninovich

Colaboradores

Germán Andrade / Sarah Arboleda / Tatiana Carreño / Gerardo Chávez / Carlos Giraldo /
Juan Camilo González / Juan David Lizcano / Camilo Luengas / Carolina Montes /
Alejandra Ovalle / Santiago Uribe / Amarilo / Conjunto Ciudad Verde / Corporación Responde
Fideicomiso Lagos de Torca / Prodesa / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible /
Departamento Nacional de Planeación / Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación

RAQUEL BERNAL – Rectora
Universidad de los Andes

RUBBY CASALLAS – Decana
Facultad de Ingeniería

GUILLERMO JIMÉNEZ – Director
Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

LUIS CAMACHO – Director
Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental

Systemic perspectives on low-carbon cities in Colombia: An integrated urban modeling approach for policy and regulatory analysis

La estrategia de diseño y comunicación del proyecto estuvo a cargo de La Clínica de la Facultad de Arquitectura y Diseño de la Universidad de los Andes. El equipo estuvo integrado por Juan Cadena, Mariana Saldarriaga, Laura Junco, Andrés Burbano y Jaime Patarroyo.

Contenido

8	Resumen ejecutivo
10	Introducción
16	Situación actual: punto de partida
18	Marco de política general
21	Financiamiento
23	Edificaciones
25	Movilidad urbana
27	Sistemas de agua
	<i>Uso eficiente, ahorro del agua y fuentes alternativas de abastecimiento</i>
	<i>Aguas pluviales</i>
	<i>Aguas residuales</i>
31	Suministro y uso de energía
33	Gestión de residuos
36	Gestión ambiental
38	Ciencia, tecnología e innovación
40	Estrategia de análisis y evaluación
44	Sistema de indicadores
	<i>Los ecosistemas urbanos</i>
	<i>Manejo integrado del agua</i>
	<i>Suministro y uso de energía</i>
	<i>Gestión de los residuos</i>
	<i>Movilidad sostenible</i>
	<i>Edificaciones e infraestructura urbana</i>
55	Inventarios de emisiones
58	Herramientas de evaluación
59	Modelos
62	Herramienta de integración para las opciones de mitigación

<p>68 73</p>	<p>Casos de estudio</p> <p>Ciudad Verde</p> <p><i>Línea base de Ciudad Verde: evaluación de indicadores</i></p> <p><i>Línea base de emisiones GEI en Ciudad Verde (2018-2030)</i></p> <p><i>Medidas de mitigación y resultados de la herramienta de integración</i></p> <p>87</p> <p>Lagos de Torca</p> <p><i>Indicadores y opciones</i></p>
<p>102 104 107 108 112 119 121</p>	<p>Ejemplos de soluciones ya implementadas</p> <p>Lo que se propone para lograr ciudades sostenibles y preparadas para el futuro</p> <p>Cobeneficios de la acción climática en las ciudades</p> <p>Financiación de las acciones para lograr una ciudad sostenible</p> <p>Ejemplos de ciudades con iniciativas de desarrollo sostenible y preparación para el futuro</p> <p>Ciudades sostenibles en la pospandemia</p> <p>Conclusiones</p>
<p>124 126 130</p>	<p>Necesidades, barreras y propuesta de soluciones</p> <p>Necesidades para el desarrollo sostenible de proyectos urbanos</p> <p><i>Medidas de mitigación</i></p> <p><i>Medidas de adaptación</i></p> <p><i>Mejoras de las condiciones de habitabilidad</i></p> <p><i>Financiamiento y gestión</i></p> <p>Barreras</p> <p><i>Falta de un marco de planeación integral y coherente para el desarrollo sostenible de los proyectos urbanísticos y las ciudades</i></p> <p><i>Dificultades de coordinación interinstitucional y de la nación con los territorios en las políticas y su implementación y control</i></p> <p><i>Falta de integralidad y adaptación regulatoria</i></p> <p><i>No hay consideraciones de sostenibilidad en todo el ciclo de los proyectos incluida su gestión</i></p> <p><i>Consideración parcial de riesgos y de gestión del riesgo en el diseño de los proyectos</i></p>

138	<p><i>No hay mecanismos de financiación completos para los proyectos relacionados con el desarrollo sostenible: descarbonización de las ciudades, adaptación y mejoras de habitabilidad</i></p> <p><i>Falta de capacidad técnica en las instituciones territoriales y de trabajo conjunto con las universidades</i></p> <p><i>Falta de liderazgo y capacitación sobre desarrollo sostenible en las comunidades</i></p> <p><i>Falta de trabajo coordinado e integral desde la academia y de propuestas innovadoras</i></p> <p>Propuesta de soluciones</p> <p><i>Planeación e información</i></p> <p><i>Coordinación y gestión</i></p> <p><i>Marco de políticas, regulación y capacidades institucionales</i></p> <p><i>Financiación y esquemas de financiamiento</i></p> <p><i>Innovación, investigación y capacitación</i></p>
<p>158</p> <p>159</p> <p>160</p> <p>162</p> <p>163</p> <p>164</p> <p>164</p> <p>165</p> <p>166</p> <p>166</p> <p>167</p> <p>167</p> <p>168</p> <p>169</p>	<p>Recomendaciones y anotaciones finales</p> <p>Planeación e información</p> <p>Coordinación y gestión</p> <p>Marco de políticas, regulatorio e institucional</p> <p>Financiación y esquemas de financiamiento</p> <p>Innovación, investigación y capacitación</p> <p>La ciudad pospandemia, eje del desarrollo económico y del bienestar humano</p> <p>La ciudad que queremos</p> <p>Aproximación <i>bottom-up</i> para la planeación del desarrollo sostenible de las ciudades</p> <p>No hay que esperar nuevas políticas o regulaciones</p> <p>Repensar las relaciones público-privadas para el desarrollo sostenible de las ciudades</p> <p>Encarecer el desarrollo no sostenible</p> <p>La salud mental como parte del proceso de toma de decisiones</p> <p>La participación de las mujeres en el desarrollo sostenible de las ciudades</p>
170	Referencias
190	Sobre los autores

Resumen ejecutivo

El objetivo central del libro blanco que tiene en sus manos es mostrar una estrategia efectiva para la reducción de la huella de carbono de las ciudades y hacer frente a los impactos y riesgos del cambio climático. Con ese fin se analizan las políticas, regulaciones y capacidades requeridas para que distintos proyectos urbanos puedan avanzar hacia una mayor sostenibilidad. También se identifican las posibilidades de financiación para la implementación de medidas de mejora. Este análisis y las respectivas recomendaciones se basan en la investigación *Systemic perspectives on low-carbon cities in Colombia. An integrated urban modeling approach for policy and regulatory analysis* (en español: *Ciudades sostenibles. Un enfoque de modelaje urbano integrado para el análisis de política en Colombia. Informe final, 2020*)¹, liderada por la Universidad de los Andes en el marco del financiamiento UK-PACT Colombia.

En el documento referido se presentan la metodología de análisis, evaluación, propuesta y caja de herramientas construida para apoyar el desarrollo urbano sostenible. A partir de una aproximación sectorial, considerando seis sectores (ecosistemas urbanos, manejo integrado del agua, suministro y uso de energía, gestión integrada de residuos, movilidad sostenible y edificaciones e infraestructura urbana), se plantea una aplicación en territorio, concretamente en dos casos de estudio: Ciudad Verde en el municipio de Soacha, Cundinamarca, macroproyecto urbano en operación, y Lagos de Torca en la ciudad de Bogotá, desarrollo urbano en etapa de diseño e inicio de construcción. El enfoque que se ha desarrollado es el de planificación urbana partiendo de revisar la estructura ecológica y el manejo integrado del agua como ejes articuladores. Esta mirada busca aportar a la conservación y gestión sostenible de los recursos y residuos y el buen uso del suelo, a la mejora de la calidad de vida de los habitantes y a la inclusión social y de género. Cada sector define sus objetivos de desarrollo de proyectos urbanos, identifica la línea base, diseña y evalúa acciones para avanzar hacia escenarios de mejor calidad de vida, con menor huella de carbono, mayor resiliencia al cambio climático y mejores condiciones de habitabilidad.

La caja de herramientas desarrollada incluye un conjunto de modelos de simulación o de contabilidad de emisiones de gases efecto invernadero como apoyo al análisis de acciones de mejora a nivel sectorial; modelos que, en su mayoría, son de código abierto. Incluye, igualmente, un sistema de indicadores, con los cuales se logra caracterizar el estado inicial de un proyecto urbano y el de las diferentes etapas de evolución propuestas por cada sector para avanzar hacia la sostenibilidad. Mediante el uso de la metodología de evaluación comprensiva difusa es posible monitorear y verificar la evolución de proyectos urbanos y ciudades. Se utilizó para calificar el conjunto de indicadores en las diferentes etapas de los casos de estudio, medir el impacto de las acciones de

¹Véase este documento para ampliar la información del presente libro.
<https://electricayelectronica.uniandes.edu.co/es/ciudades-con-bajas-emisiones-de-carbono-en-colombia>

mejora a implementar y verificar el efecto que estas puedan tener en el logro de los objetivos planteados. A fin de facilitar la construcción de escenarios o portafolios de medidas se desarrolló una herramienta de integración que considera el grado de abatimiento, costo-eficiencia de las medidas y su factibilidad de implementación. Se estimaron las emisiones para estos escenarios y la mitigación conjunta de las medidas con referencia a la línea base construida y al inventario inicial de emisiones. De la misma manera, se identificaron y evaluaron opciones de adaptación y de mejora de la habitabilidad. Para el conjunto de medidas analizadas se presenta su desempeño en cuanto a cobeneficios.

El proyecto ofrece una aproximación sectorial *bottom-up* como metodología para la aproximación al desarrollo sostenible de las ciudades. Esta aproximación identifica las acciones que se deben desarrollar en los megaproyectos urbanos para lograr su evolución hacia la sostenibilidad. La caja de herramientas se aplica en los dos casos de estudio para integrar las propuestas y los resultados sectoriales y territoriales. Gracias a esta aproximación es que finalmente se tienen acciones concretas, lo cual permite llevar una contabilidad detallada de sus costos y de su contribución al desarrollo sostenible.

Se proponen recomendaciones para la planeación de proyectos urbanos, de política y regulatorias, de coordinación y gestión, sobre el financiamiento de las soluciones y de creación de capacidades e innovaciones que contribuyan a un desarrollo urbano sostenible en el país. Esta propuesta surge de los resultados obtenidos y de las barreras que se pudieron identificar en estos análisis, además de una revisión detallada del marco institucional nacional y de casos de éxito internacionales.

Para facilitar la lectura de este libro, en el texto no se incluyeron todas las citas a las referencias empleadas, sin embargo, en las páginas finales se encuentra una bibliografía con la documentación consultada.

Introducción

Para el 2050, el mundo albergará casi diez mil millones de personas, dos tercios de las cuales vivirán en ciudades. A medida que continúa la transición de lo rural a lo urbano, una red de metrópolis en todo el mundo se expande rápidamente. Hoy en día, las veinte ciudades más grandes del mundo albergan a casi quinientos millones de personas, un número que se espera que aumente a medida que los centros urbanos se vuelvan más altos, extensos y densos. Colombia no se escapa de este proceso de aglomeración urbana. Bogotá se encuentra en un lugar intermedio entre las cien ciudades más pobladas del mundo, y aunque Medellín y Cali no están dentro de las cien ciudades más pobladas del mundo han crecido en número de habitantes de manera más que lineal en los últimos años. Colombia pasó, en relativamente poco tiempo, de ser un país rural a uno predominantemente urbano. En el censo de 1938, la población urbana representaba el 29,1 % de la población del país y en el censo del 2018 (ochenta años después) la población urbana del país representa el 77,1 %; la población urbana del país pasó de 2 533 680 habitantes en 1938 a más de 37 millones de personas en el año 2018, un crecimiento de la población urbana de más del 1400 %, de más de 35,5 millones de personas, en ochenta años. Hoy en día (año 2020), Bogotá tiene más de diez millones de habitantes, Medellín y Cali alrededor de 2,5 millones de habitantes, Barranquilla más de 1,2 millones de habitantes, Cartagena casi un millón de habitantes, Cúcuta pasa de los 710 000 habitantes, hay ocho capitales de departamento con una población entre cuatrocientos y seiscientos mil habitantes, y otras cinco capitales de departamento con población entre doscientos y cuatrocientos mil habitantes. En Colombia hay ciudades no capitales de departamento con una población muy importante, incluso mayor que la de muchas capitales de departamento, como Soledad (Atlántico) con 603 999 habitantes, Bello (Antioquia) con 522 264 habitantes y Soacha (Cundinamarca) con 660 179 habitantes. Si el país va a desarrollar acciones o políticas relacionadas con la mitigación del cambio climático y descarbonización, gran parte de estas acciones o políticas deben orientarse, entonces, a los entornos urbanos, que es donde se ubica la mayor población del país y donde se generan los mayores impactos.

En el proceso de asuntos relacionados con el cambio climático en las ciudades de Colombia es importante tener una estrategia de actuación sobre el territorio urbano para la implementación de las medidas de mejora o de mitigación. En muchas de las principales ciudades de Colombia se han desarrollado o se están desarrollando grandes urbanizaciones con un número importante de soluciones habitacionales. Son complejos habitacionales con miles de viviendas, que normalmente se conocen como megaproyectos o megadesarrollos habitacionales. Por ejemplo, en Barranquilla y Soledad hay varios desarrollos urbanos (ya construidos o en construcción) con más de veinte mil viviendas cada uno, en Medellín y Cali hay desarrollos con mayor número de viviendas, en Bogotá y Soacha, los dos casos de estudio abordados en este libro, tienen más de cincuenta mil viviendas. En algunas ocasiones, cuando estos proyectos incluyen centros de servicios, colegios y otros similares se denominan microciudades.

Estos grandes complejos habitacionales son una oportunidad para implementar medidas orientadas a reducir la huella de carbono en las ciudades, prepararse para efectos indeseados de la variabilidad y el cambio del clima y mejorar las condiciones de habitabilidad y de vida para sus moradores. Cuando el megaproyecto ya está construido se trata de implementar medidas de mitigación y adaptación e identificar oportunidades, y en el evento de que esté por desarrollarse se trata de considerar en sus diseños e implementación medidas que impacten todos estos asuntos relacionados con el cambio climático y la descarbonización. Se propone acá, entonces, una estrategia para enfrentar el cambio climático en las ciudades mediante actuaciones específicas en megaproyectos urbanos, bien sea que ya estén construidos o estén por ser desarrollados. Esta es una manera de definir instrumentos de actuación o de intervención específicos para empezar a recorrer el camino de la sostenibilidad de las ciudades en Colombia.

El objetivo central de este libro blanco es, entonces, mostrar el camino que debe recorrerse en las ciudades del país para montar una estrategia sobre cómo enfrentar (reducir, mitigar o adaptarse) los aspectos relacionados con el cambio climático en las ciudades a partir de los grandes desarrollos urbanos. Se trata de mostrar el camino que debe recorrerse en Colombia (desde las intervenciones iniciales hasta el logro ideal de una ciudad sensible² a la sostenibilidad) para lograr megaproyectos urbanos sostenibles o bajos en carbono, las políticas y regulaciones requeridas para que se puedan dar este tipo de desarrollos y sus posibilidades de financiación, como una estrategia de cambio climático de las ciudades del país. Se mostrarán las barreras existentes para este tipo de desarrollos y cómo superarlas a partir de dos casos de estudio (Ciudad Verde y Lagos de Torca), el primero en operación y el segundo en etapa de planeación y diseño. Igualmente, se hará énfasis en los análisis de adaptación y resiliencia ante el cambio climático que muestran su importancia en la operación y evolución de las ciudades para lograr una adecuada “transición urbana” hacia la sostenibilidad.

Este libro se basa en la investigación “Systemic perspectives on low-carbon cities in Colombia. An integrated urban modeling approach for policy and regulatory analysis”, liderada por la Universidad de los Andes en el marco del financiamiento UK-PACT, con la participación del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS) y de representantes de dos universidades del Reino Unido (University College London y Coventry University). El proyecto contó con la asesoría de un comité de expertos nacionales e internacionales y de representantes de entidades gubernamentales en un comité institucional, más el apoyo de los responsables y desarrolladores de los proyectos urbanos seleccionados como casos de estudio.

Se espera que este trabajo apoye la política de cambio climático del país, que considera necesario “incidir en las instancias del desarrollo urbano, mediante el diagnóstico de las emisiones y vulnerabilidades climáticas de las ciudades y la identificación, evaluación y

²Véase la nota al pie de página 3.

recomendación de implementación de medidas de mitigación y adaptación en dichas instancias” (Minambiente, 2017, p. 102). Igualmente, se espera que aporte elementos para la formulación e implementación de los planes integrales de gestión del cambio climático territoriales (PIGCCCT), que son “los instrumentos a través de los cuales las entidades territoriales y autoridades ambientales regionales identifican, evalúan, priorizan, y definen medidas y acciones de adaptación y de mitigación de emisiones de gases, efecto invernadero” (Minambiente, 2021, parr. 1).

El cambio climático plantea un reto grande para los sistemas urbanos, no solo por la necesidad de identificar opciones que conduzcan a menores emisiones de gases de efecto invernadero (GEI) y otros contaminantes, sino por la necesidad de concebir los desarrollos urbanos con las adecuaciones para soportar los cambios que puedan presentarse. Medir la huella de carbono de una ciudad o proyecto urbanístico y evaluar escenarios de mitigación y adaptación no son tareas sencillas. Una ciudad es un arreglo complejo de relaciones sociales y económicas con requerimientos de infraestructuras y bienes públicos que imponen cargas sobre el medio ambiente y la gestión de recursos. Planear y mantener una ciudad o un proyecto urbano con bajas emisiones y hacer frente a los desafíos que impone al cambio climático para los conglomerados urbanos requiere un trabajo de diferentes disciplinas, además de contar con herramientas que den cuenta de sus impactos y de los beneficios de determinadas acciones para reducir las emisiones y adaptarse a los cambios por venir. Es un problema dinámico que llama a una acción colectiva. Entonces se requiere, además, una cultura ciudadana y una institucionalidad que apoye y conduzca estas acciones para ofrecer mejores condiciones de vida para los ciudadanos, respetando los requerimientos de los ecosistemas urbanos y los acuerdos ambientales y sociales.

Las acciones a ser desarrolladas para lograr proyectos urbanos sostenibles se abordan desde el ámbito sectorial. Se han trabajado seis sectores, a saber: ecosistemas urbanos, agua, energía, residuos, transporte y edificaciones. Los aspectos de menor huella de carbono y resiliencia y de mejoras en la habitabilidad, en últimas de sostenibilidad, de un desarrollo urbano deben considerarse tanto a nivel de la gestión como de la planeación. Por ejemplo, las consideraciones sobre edificaciones e infraestructura urbana deben ser asumidas por el desarrollador en el diseño y la construcción del proyecto y las de movilidad sostenible, como el acceso del transporte público al proyecto, deben gestionarse ante las respectivas autoridades.

En el camino para la sostenibilidad de los megaproyectos urbanos se analiza para cada sector la provisión de los servicios requeridos teniendo en cuenta su accesibilidad y la mitigación del cambio climático. Se toman en consideración los avances conceptuales y tecnológicos orientados a la descarbonización de las economías sin afectar el crecimiento y el desarrollo social. En cada caso se propone un mayor uso de fuentes limpias y locales; una mejor gestión de residuos con estrategias de recolección, reúso y reciclado; esquemas de movilidad que reduzcan las externalidades negativas por contaminación, congestión y siniestralidad al tiempo y que ofrezcan un mejor servicio para la ciudadanía mediante la combinación de diferentes modos; y mejores diseños y materiales para la construcción y operación de las edificaciones e infraestructuras asociadas. La planeación urbana y el desarrollo de las ciudades se consideran procesos dinámicos en permanente evolución.



Figura 1. Etapas sectoriales en camino hacia la sostenibilidad

Fuente: tomada de *Ciudades sostenibles. Un enfoque de modelaje urbano integrado para el análisis de política en Colombia. Informe final*³, cap. 1, p. 5.

En la metodología utilizada se tiene en cuenta como estructura de análisis las diferentes etapas a recorrer en cada sector para moverse de una situación inicial representada por un estado mínimo de sostenibilidad hacia una situación final representada por el logro de una ciudad sensible⁴ en sostenibilidad. Entre la situación inicial y la final hay varias etapas que se deben surtir para llegar a esa situación final. El camino entre la situación inicial y la final se recorre mediante la implementación de una serie de acciones que tienen impactos diferentes en el logro de la sostenibilidad del proyecto urbanístico. Esta estructura de análisis y estudio se muestra en la figura 1.

Para los análisis sectoriales e integrados se desarrollaron y utilizaron una serie de herramientas (caja de herramientas) como se muestra en la tabla 1. Se propone una metodología para la construcción del inventario de emisiones de los megaproyectos y de la línea base de emisiones como punto de partida para la evaluación de opciones de mitigación y algunas de adaptación. La herramienta hace uso de un conjunto de modelos como apoyo al análisis de acciones a nivel sectorial, utilizando modelos de simulación o de contabilidad, en su mayoría de código abierto. Además, como mecanismos o herramientas útiles para realizar seguimiento y evaluación a los proyectos urbanísticos se ha desarrollado un sistema de indicadores, con los cuales se logra caracterizar el estado inicial de un proyecto urbano y el de las diferentes etapas de evolución propuestas por cada sector para avanzar hacia la sostenibilidad. Mediante el uso de la metodología de evaluación comprensiva difusa es posible monitorear y verificar la evolución de proyectos urbanos y ciudades. Se utilizó para calificar el conjunto de indicadores en las diferentes etapas de los casos de estudio, medir el impacto de las acciones de mejora a implementar y verificar el efecto que estas puedan tener en el logro de los objetivos planteados. Lo que se quiere, en últimas, con un sistema de monitoreo y evaluación como el utilizado es tener en cuenta los niveles en los que interactúa una ciudad a nivel social, económico y físico.

³En adelante se citará solamente como Informe final.

⁴ Este concepto fue introducido en Australia inicialmente en la búsqueda de armonizar el ordenamiento urbano y la planeación del recurso agua. Véase: <https://watersensitivecities.org.au/> y <https://www.thesourcemagazine.org/realising-the-vision-of-a-water-sensitive-city>. En este proyecto se utiliza para representar la evolución que debe seguir una ciudad o un proyecto urbano hacia la sostenibilidad, en el caso de cada sector considerado.

A fin de facilitar la construcción de escenarios o portafolios de medidas se desarrolló una herramienta de integración que considera el grado de abatimiento de las emisiones, costo-eficiencia de las medidas y su factibilidad de implementación. En primer lugar, se identificaron las medidas complementarias, que presentan algún tipo de redundancia o que no pueden ser implementadas de forma simultánea. Se estimaron las emisiones para estos escenarios y la mitigación conjunta de las medidas con referencia a la línea base construida y el inventario inicial de emisiones. De la misma manera, se identificaron y evaluaron opciones de adaptación y de mejora de la habitabilidad. Para el conjunto de medidas analizadas se presenta su desempeño en cuanto a cobeneficios.

Para el análisis a nivel de megaproyecto se emplearon los siguientes lineamientos sobre la clasificación de las emisiones: (1) sector según los considerados en este proyecto; (2) fuente de emisión: actividad que genera las emisiones GEI; (3) etapa del ciclo de vida tales como construcción, operación y demolición; (4) proceso que genera las emisiones o la absorción de emisiones; y (5) límites del sistema de análisis, bien sea *in situ*, fuera del sitio o híbrido. A partir del inventario para un año seleccionado y mediante la definición de diferentes *drivers*, como la población, se hace una estimación del comportamiento de las emisiones en el periodo de análisis. A partir de allí, se evalúan las opciones de mitigación seleccionadas en cada uno de los proyectos para estimar la cantidad de emisiones que se pueden reducir y su costo-eficiencia. En algunos sectores se consideraron no solo opciones de mitigación sino también de adaptación o mejora.

Este libro incluye —además de esta introducción— un conjunto de capítulos que ilustran la estrategia propuesta para la descarbonización de las ciudades. En el siguiente capítulo se discute la situación actual en Colombia en cuanto al marco de políticas y disposiciones regulatorias, y las opciones de financiamiento, de carácter general y sectorial. Luego se presenta la metodología propuesta para abordar la planeación sostenible de las ciudades y/o desarrollos urbanos. Se propone una estrategia de análisis a partir de los megaproyectos urbanos con un enfoque sectorial para plantear elementos útiles en la planeación y operación de proyectos urbanísticos y ciudades sostenibles. Es con este enfoque de la planeación visto desde los sectores, y con el apoyo de diferentes herramientas para su análisis, que se estructura la propuesta de planeación sostenible y se abordan los casos de estudio (Ciudad Verde y Lagos de Torca), como se muestra en el capítulo siguiente. Para estos dos casos de estudio se presentan la estimación de los indicadores, de la línea base de emisiones, y los resultados de la evaluación de las opciones de mitigación, adaptación y mejora consideradas para cada proyecto. En ambos casos se presentan recomendaciones para el mejoramiento de Ciudad Verde y las posibles fases de expansión y para el mejoramiento del desarrollo urbanístico de Lagos de Torca. Antes de discutir las necesidades identificadas en este análisis, las barreras encontradas y hacer una propuesta de solución, se presenta un resumen de experiencias internacionales exitosas en el camino hacia la sostenibilidad y descarbonización de las ciudades. Finalmente, se resumen las recomendaciones agrupadas en temas de planeación e información; coordinación y gestión para la ejecución y seguimiento de los proyectos; marco de política, normatividad y capacidades institucionales; financiación y esquemas de financiamiento; innovación, investigación y capacitación; y se hacen algunas recomendaciones finales de carácter general.

Tabla 1. Caja de herramientas: instrumentos desarrollados y utilizados para el análisis

Sectoriales/etapas		Integrados
Instrumentos	Propósito	Resultados finales
Conjunto de indicadores	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar el estado inicial de un proyecto urbano • Mostrar el impacto de acciones de mejora identificadas • Seguir la trayectoria de las etapas en cada sector 	
Inventarios de emisiones de gases efecto invernadero	<ul style="list-style-type: none"> • Identificar fuentes de emisiones • Señalar opciones de reducción y captura de carbono 	<ul style="list-style-type: none"> • Evaluar y seguir el estado del sistema (proyecto urbano) • Diseñar y evaluar escenarios de mejora (mitigación adaptación y habitabilidad)
Conjunto de modelos y plataforma de integración	<ul style="list-style-type: none"> • Construir las líneas base • Analizar y definir acciones de mejora • Evaluar opciones de mitigación, reducción de la vulnerabilidad y mejora de la habitabilidad • Generar escenarios con portafolios de acciones 	<ul style="list-style-type: none"> • Informar la toma de decisiones para lograr una ciudad sensible en sostenibilidad • Ilustrar preguntas de investigación

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 1, p. 5.

Situación actual: punto de partida

A nivel de ciudades, como bien lo señala Ferro, “la cultura urbanística colombiana tiene una tradición relativamente larga en el manejo de instrumentos de planificación y regulación del suelo” (Ferro, 2010, p. xx). Las ciudades colombianas han contado desde la década que comienza en 1950 con planes piloto y planes reguladores urbanísticos, casi exclusivamente formulados y adoptados para las áreas urbanas de municipios capitales. Entre 1960 y 1980 se desarrollaron los primeros planes de ordenamiento supramunicipales, correspondientes a las recién creadas áreas metropolitanas. Se destacan el caso del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (AMVA), que integra diez municipios, incluyendo a Medellín, y el del Área Metropolitana de Bucaramanga (AMB), que integra cuatro municipios. A partir de 1997, la formulación y adopción de planes de ordenamiento territorial se volvió una obligación para la totalidad de los municipios colombianos, planes que comprenden tanto el área urbana como el área rural. Si bien desde el 2011 se dispuso la adopción de planes departamentales, a la fecha esta disposición no ha sido ampliamente desarrollada, prevaleciendo el ordenamiento territorial municipal.

Una transformación de las ciudades hacia entornos sostenibles debe detallar diferentes aspectos que lleven a operacionalizar las actuaciones que se requieren para que esa transformación sea una realidad. Hay que pasar de lo general al detalle, de la planeación a la operación, a definir cómo se hace, con quién se hace, cómo se financia, qué impacto tiene, entre otros aspectos. Además de determinar metas hay que establecer en detalle cómo se logran esas metas, con qué actuaciones, cómo se va a intervenir y transformar el territorio para lograr avanzar en el camino de ciudades sostenibles.

La planeación de proyectos urbanos se ha adelantado desde diferentes aproximaciones con respecto a los principios o ejes articuladores que deberían guiar la manera de realizarlos. Usualmente, los desarrollos urbanos se han abordado desde la perspectiva del uso del suelo y el desarrollo de edificaciones y equipamientos, las necesidades de transporte y espacio público y de infraestructura urbana, como el suministro de agua y su tratamiento, el suministro de energía y su uso, la gestión de los residuos y la oferta de espacio público y de zonas verdes. Estos aspectos fueron considerados desde la óptica de servicios e infraestructuras asociadas que era necesario gestionar, pero con las cuales se contaba sin mayores análisis sobre formas más eficientes, descentralizadas o limpias para lograr la atención de estos requerimientos de la población y mucho menos desde la óptica de una menor huella de carbono en su desarrollo y operación. Igualmente, en el caso del espacio público se ha cumplido con unos estándares establecidos por habitante o por área física y no se tenía en cuenta a la naturaleza como eje estructurante de los desarrollos urbanos.

A continuación se presenta un resumen de las disposiciones vigentes atinentes al desarrollo de ciudades en el marco de los objetivos de desarrollo sostenible. Se presentan, además, las opciones de financiamiento generales y sectoriales.

Marco de política general

En la década de los noventa se da “un salto de gran magnitud en lo relacionado con la producción de normas y políticas urbanas que de manera directa promueven la mejora de las ciudades en términos de planificación y ordenamiento territorial” (Pinto, 2010, p. 4). Hoy se cuenta con un instrumento central para la transformación de las prácticas de planificación y gestión del desarrollo urbano. Con la adopción e implementación de la Ley 388 de 1997 (Ley de Desarrollo Territorial), que modifica la Ley 9.^a de 1989, se definieron los lineamientos técnicos, políticos, administrativos y jurídicos relacionados con el proceso de ordenamiento territorial de los municipios, reglamentando el plan de ordenamiento territorial (POT) como instrumento de planificación a escala local, esto es, en los municipios y/o distritos. Se establecieron instrumentos de gestión y financiamiento del desarrollo como complemento indispensable para la ejecución del ordenamiento territorial.

Luego, con la expedición de la Ley 1454 del 2011 (Ley orgánica de Ordenamiento Territorial), se estableció el marco regulatorio en esta materia, reiterando muchos de los aspectos inicialmente establecidos por la Ley 388 de 1997. El ordenamiento territorial colombiano se estructura de acuerdo con la organización político-administrativa del país en: (1) la nación, (2) los departamentos, (3) las áreas metropolitanas, (4) los distritos especiales y (5) los municipios.

Con este marco, el Plan Nacional de Desarrollo (PND) 2010-2014 propuso establecer una política de largo plazo para consolidar un sistema de ciudades y fortalecer el buen gobierno en la gestión urbana. El Departamento Nacional de Planeación (DNP) convocó la Misión Sistema de Ciudades (años 2012-2013), que señala que Colombia debe asegurar que las ciudades sean más productivas para facilitar e impulsar el desarrollo, al tiempo que se generen mejores condiciones de vida para sus habitantes y se consolide un territorio sostenible para las generaciones futuras. Se adelantan varios estudios con diferentes expertos y sus análisis se estructuran en los siguientes cinco ejes: (1) planeación, (2) coordinación interjurisdiccional y buenas prácticas, (3) conectividad, (4) productividad y (5) financiación.

Las conclusiones señalan la necesidad de mejorar los procesos de planeación y gestión del territorio, propiciar el desarrollo endógeno y las condiciones específicas de aglomeración. Se propone organizar el sistema de ciudades con una visión de territorio, buscar mejoras de la conectividad y de las capacidades nacionales y regionales, y promover figuras de asociatividad y relacionamiento del Gobierno nacional con los territoriales. Este trabajo es la base del Documento 3819 del Consejo Nacional de Política Económica y Social (CONPES 3819 del 2014), Política nacional para consolidar el sistema de ciudades en Colombia, con el cual se busca establecer un marco de largo plazo para orientar, articular y hacer más eficientes los propósitos de desarrollo, y las actuaciones de las entidades nacionales en las ciudades y regiones del país, en concordancia con las condiciones específicas de su desarrollo y con las políticas que las entidades territoriales hayan desplegado. En los documentos anteriores se

determina la implementación del Observatorio del Sistema de Ciudades, con el fin de realizar seguimiento a la Política del Sistema de Ciudades y apoyar el ordenamiento del territorio para la sostenibilidad. Este Observatorio funciona en el DNP; busca, en su versión 2 (DNP, 2019), además de apoyar el análisis de políticas y la toma de decisiones, propiciar el análisis de estrategias de planeación y gestión de las ciudades con una visión funcional del territorio, a partir de la información recolectada y las herramientas. Recientemente se ha construido un índice de ciudades modernas (osc, 2019). También se cuenta con observatorios regionales en algunas ciudades.

Con respecto al cambio climático, el país aprobó en el 2017, mediante la Ley 1847, el “Acuerdo de París”, adoptado el 12 de diciembre del 2015 en París, Francia. Se cuenta, además, con la Ley de Cambio Climático, Ley 1931 del 2018, la cual establece las directrices para la gestión del cambio climático en las decisiones de los diferentes agentes públicos y privados del orden nacional, regional y local, para adelantar acciones de adaptación y de mitigación de GEI, con el fin de reducir la vulnerabilidad de la población y de los ecosistemas frente a los efectos del cambio climático (aumentar la resiliencia).

En la Ley de Cambio Climático se establecen como instrumentos de gestión, además de los de competencia sectorial de cada ministerio y territorial de los entes departamentales y municipales, los de planificación, de información, y los económicos y financieros. En los instrumentos de planificación se señalan: (1) la Política Nacional de Cambio Climático; (2) los planes integrales de gestión del cambio climático sectoriales y los planes territoriales; (3) los planes de desarrollo de las entidades territoriales y los planes de ordenamiento territorial; (4) las contribuciones determinadas a nivel nacional; y (5) las comunicaciones nacionales, los inventarios nacionales de emisiones GEI y los reportes bienales de actualización (BUR). En los sistemas de información se define el Registro Nacional de Reducciones de GEI (RENARE) y el monitoreo de bosques y carbono. Como instrumentos económicos, la ley define los cupos transables de emisiones, crea el programa nacional de estos cupos y asigna la regulación de emisiones, reducciones y remociones y el régimen sancionatorio al Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible (MADS). Los recursos resultantes de subastar los cupos transables de emisiones irán al Fondo Nacional Ambiental (FONAM) para apoyar proyectos de mitigación y adaptación. Finalmente, establece que el 1 % de los recursos de regalías que reciba Colciencias se destinará a proyectos con estos mismos propósitos.

La Política de Cambio Climático fue expedida en el 2017 sobre la base de diferentes estrategias y planes⁵ que consideran escenarios al 2030 y 2050. En esta se proponen varias estrategias sectoriales y territoriales. En las primeras se hacen explícitas aquellas con riesgos e impactos potenciales altos (bajo en carbono y resiliente al clima): (1) desarrollo minero-energético y (2) desarrollo de infraestructura estratégica (redes de transporte). Las estrategias territoriales propuestas, buscando que sean resilientes al clima y bajas en carbono, se relacionan con: (3) desarrollo urbano, (4) desarrollo rural, y (5) manejo y conservación de ecosistemas y sus servicios. La implementación de

⁵ Se señalan: la Estrategia Colombiana de Desarrollo Bajo en Carbono (ECDBC), el Plan Nacional de Adaptación al Cambio Climático, la Estrategia Nacional para la Reducción de las Emisiones debidas a la Deforestación y la Degradación Forestal (ENREDD+), el Plan Nacional de Gestión de Riesgo de Desastres (PNGRD), la Estrategia de Protección Financiera frente a Desastres (EPFD) y la Estrategia Colombiana de Financiamiento Climático.

estas líneas sectoriales y territoriales está soportada en cuatro estrategias instrumentales: (6) información y ciencia y tecnología; (7) educación, formación y sensibilización a públicos, (8) planificación de la gestión del cambio climático y (9) financiación e instrumentos económicos.

Igualmente, se señala en la política que para su implementación se requiere un marco institucional y de gobernanza que facilite la articulación de los diferentes agentes y entidades públicos y privados y la coordinación de acciones sectoriales y territoriales. Varias de estas consideraciones están contenidas en el Decreto 298 del 2016, que crea el Sistema Nacional de Cambio Climático (Sisclima) con la finalidad de lograr la coordinación interinstitucional entre el nivel central y territorial para promover políticas, estrategias, planes, programas, proyectos y acciones de mitigación de emisiones de gases efecto invernadero y adaptación en materia de cambio climático. El Sisclima cuenta con nueve nodos regionales y una Comisión Intersectorial de Cambio Climático (cicc).

Vale la pena mencionar dos políticas adicionales: la Política de Crecimiento Verde consignada en el documento CONPES 3934 del 2018, que busca impulsar el crecimiento económico del país con un aumento de la productividad y competitividad, asegurando el uso sostenible del capital natural y la inclusión social de manera compatible con el clima. En particular, vale la pena mencionar las estrategias encaminadas a promover condiciones para una mayor penetración de energías renovables y favorecer la adopción de tecnologías para la gestión eficiente de la energía y la movilidad sostenibles. Esta última, con el fomento al ingreso de vehículos eléctricos, el ascenso tecnológico en la flota oficial del país y la incorporación de tecnologías con cero o bajas emisiones en los Sistemas Integrados de Transporte Masivo (sitm) y los Sistemas Estratégicos de Transporte Público (setp).

La otra es la Política de Gestión de Riesgos de Desastres, adoptada mediante la Ley 1523 del 2012, la cual busca integrar este concepto en las políticas, los planes y proyectos y la ejecución de acciones para contribuir a garantizar la seguridad humana, ambiental y territorial. Las acciones planteadas son: (1) la reforma normativa del Sistema Nacional de Gestión; (2) la mejora de la capacidad técnica de las entidades territoriales y corporaciones autónomas regionales; (3) la formulación de políticas estratégicas para la protección financiera ante desastres; (4) el manejo de desastres de baja y mediana intensidad; y (5) los mecanismos para orientar procesos de reconstrucción ante una situación declarada de desastre nacional, entre otras. El DNP ha desarrollado un kit de apoyo a las autoridades locales para elaborar los planes de desarrollo territorial incluyendo la gestión del riesgo de desastres.

Finalmente, pueden mencionarse dos acciones de mitigación nacionalmente apropiadas (NAMA, por sus siglas en inglés). La NAMA de Hábitat busca la reducción de emisiones de GEI de una manera medible, reportable y verificable en diferentes ciudades del país, iniciando con cuatro urbes en diferentes pisos térmicos (cccs, 2016): Valledupar (proyecto piloto), Cartagena, Pasto y Medellín. La NAMA de Hábitat tendrá un alcance de área o barrio para su aplicación. La TOD NAMA (NAMA de Desarrollo Orientado al Transporte Sostenible [TOD, por sus siglas en inglés]) tiene como objetivo “transformar el modelo de estructura urbana y de movilidad en las ciudades del país”, iniciando con proyectos piloto en Cali, Manizales y Pasto (Findeter, 2021, parr. 22).

Financiamiento

La Ley 1931 del 2018 establece la financiación de la gestión del cambio climático combinando fuentes de origen internacional (cooperación, banca multilateral, ayuda oficial al desarrollo, mercados internacionales de carbono), recursos públicos (nacionales y territoriales) y recursos privados (hogares, empresas y sector financiero), para desarrollar las acciones de adaptación y mitigación previstas en la Política de Cambio Climático, incluyendo la financiación relacionada con la investigación, transferencia tecnológica, sensibilización y construcción de capacidades.

El Comité de Gestión Financiera del SISCLIMA tiene como tarea principal el establecimiento de mecanismos e instrumentos para promover el acceso a las fuentes internacionales y orientar dichas fuentes a las prioridades identificadas en los planes integrales de gestión del cambio climático, tanto sectoriales como territoriales. Igualmente debe invitar a la banca multilateral a crear líneas de crédito para el financiamiento de las acciones de adaptación y mitigación.

Con relación a los recursos públicos, la financiación de las medidas de adaptación recae sobre el gasto presupuestal tanto de los ministerios sectoriales como de las entidades territoriales y autoridades ambientales regionales, en primera instancia, y sobre el Fondo de Adaptación, en segunda instancia. Y la de mitigación sobre los presupuestos de los ministerios, territorios y el FONAM.

Según lo señala la Ley de Cambio Climático, se destinará el 1 % del Fondo de Ciencia, Tecnología e Innovación del Sistema General de Regalías a la financiación de proyectos de mitigación y adaptación al cambio climático. En la reciente reforma se destinó un 10 % a ciencia, tecnología e innovación, y, de esto, se emplean dos puntos como mínimo para asuntos ambientales y de desarrollo sostenible o para la conservación de las áreas ambientales estratégicas y la lucha nacional contra la deforestación.

El DNP divulgó en el 2017 varios documentos sobre instrumentos financieros para el crecimiento verde; uno de ellos los prioriza y otro señala vacíos legales para su aplicación. Entre los instrumentos mencionados en estos documentos se encuentran: el sistema de depósito-rembolso para el impulso a una economía circular, el incentivo a la capitalización rural (ICR) para sistemas silvopastoriles, los incentivos financieros a medidas de mitigación de emisiones de GEI, y el apoyo a iniciativas de bioeconomía y a proyectos financiados por regalías, con criterios de adaptación.

Uno de los instrumentos para la financiación de acciones de cambio climático que es necesario mencionar es el impuesto al carbono. Desde el 2017 se cobra este tributo sobre el consumo de gasolina, kerosene, *jet fuel*, ACPM y *fuel oil*; respecto al gas natural se cobra solo si es usado en la industria de refinación de hidrocarburos y la petroquímica, y el gas licuado de petróleo (GLP) para usuarios industriales. Quedan excluidos, por tanto, el carbón y el gas natural o GLP para consumo no industrial, es decir, por ejemplo, el gas natural vehicular (que tampoco es contribuyente del impuesto nacional y la sobretasa a los combustibles líquidos). Las empresas que demuestren que en desarrollo de sus actividades remueven un volumen de emisiones de dióxido de carbono (CO₂) pueden compensar las emisiones por el uso de los combustibles sujeto al impuesto. En términos de las normas son “carbono neutras”.

El valor a pagar por tonelada de CO_2 en el 2019 fue de 4,25 euros y llegaría hasta 8,88 euros. La Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE) recomienda que la tarifa del impuesto sea de treinta euros para el 2020 y sesenta euros para el 2030. El recaudo asciende aproximadamente a unos 450 000 millones de pesos anuales y se destina en un 70 % a programas relacionados con el posconflicto y el 25 % a proyectos ambientales (erosión costera, ecosistemas estratégicos, cuidado de fuentes hídricas y al Sistema Nacional de Áreas Protegidas).

La Ley de Cambio Climático creó el Programa de Cupos Transables (utilizados con cierto éxito en Estados Unidos y en Europa) y definió sus condiciones, en particular, dispuso que no son revocables. Esta propuesta de cupos debería ser considerada en la Ley de Crecimiento Verde, actualmente en discusión. Es bueno mencionar que la reglamentación del artículo 6.º del Acuerdo de París sobre mercados de carbono generó bastante polémica en la pasada Conferencia de la ONU sobre el cambio climático en Madrid (COP 25).

Otro de los instrumentos para la realización de proyectos de alguna envergadura son las alianzas público-privadas (APP), un esquema de ejecución bajo el cual el Estado se asocia con uno o más particulares para trabajar conjuntamente en el desarrollo de cualquier tipo de proyecto de inversión. Lo anterior se materializa a partir de un contrato de largo plazo entre el socio público y el sector privado (escogido a través de licitación pública), mediante el cual el privado, previo análisis cuidadoso de los riesgos, asume la obligación de realizar el diseño, la construcción, la administración, la operación y el mantenimiento del proyecto, bajo presupuesto y plazo fijos, lo que quiere decir que los sobrecostos de cualquiera de estas actividades son asumidos en su totalidad por el privado; y el público aportará parte de los recursos de inversión. El socio privado empezará a recibir ingresos una vez ponga en operación el proyecto completo o los módulos, bloques o tramos, con los niveles de calidad y continuidad establecidos por el Estado en las condiciones del proceso de selección. En cualquier caso, todos los activos asociados al proyecto deberán ser revertidos al Estado cuando se finalice el contrato.

Es bueno mencionar que Findeter (banca de inversiones para el desarrollo territorial) y el Banco Interamericano de Desarrollo han creado el programa Ciudades Sostenibles y Competitivas (CSC), mediante el cual impulsan el desarrollo sostenible de las ciudades intermedias del país, construyendo con cada una de ellas una visión a largo plazo (Findeter, 2020). Igualmente, con los programas de reactivación económica, según información del DNP, se estudian incentivos o subsidios para el financiamiento de compra de viviendas que favorezcan la sostenibilidad.

A continuación se resume el marco de políticas sectoriales y los principales instrumentos financieros y económicos de carácter general, sectorial y territorial que podrían ser empleados para avanzar hacia el objetivo de lograr ciudades y comunidades sostenibles y de implementar las medidas identificadas en los dos casos de estudio analizados en este proyecto. La presentación sigue un orden diferente al empleado en el resto del documento para observar de mejor manera el avance de los desarrollos sectoriales en esta materia.

En términos generales puede afirmarse que el país no requiere mayores esfuerzos legales, de política ni regulatorios. Es necesario poner en marcha las estrategias y recomendaciones ya concebidas. Contar con una compilación del marco vigente sería altamente deseable. En diversas evaluaciones se señala la inconveniencia de la gran cantidad de políticas e instrumentos y actores de diferente índole, pues dificultan el logro de los propósitos que son de carácter integral, como los de avanzar hacia ciudades y comunidades sostenibles. Si se requiere un gran esfuerzo para ampliar las opciones y las cantidades de financiamiento, puesto que muchos proyectos requieren inversiones importantes.

Edificaciones

El Gobierno nacional ha empezado a formular políticas y criterios de sostenibilidad a nivel normativo para el sector de las edificaciones, paralelamente a la existencia de certificaciones voluntarias en el mercado de la construcción. Además de las leyes 388 de 1997, 1445 del 2011 y el CONPES 3819 del 2014, en el CONPES 3919 del 2018 se establecen los lineamientos de política para contar con edificaciones sostenibles, de tal manera que se contribuya a mitigar los efectos negativos de la actividad constructora sobre el ambiente, mejorar las condiciones de habitabilidad y generar oportunidades de empleo e innovación. La política articula las iniciativas relacionadas con la inclusión de criterios sostenibles en el sector de las edificaciones, dentro de una estrategia de instrumentos para la transición de política pública, mecanismos de seguimiento a resultados y financiamiento verde a través de incentivos económicos que permitan implementar esta iniciativa con un horizonte de acción hasta el año 2025.

Una de las principales barreras para la implementación de criterios de sostenibilidad en el mercado inmobiliario es la ausencia, y falta de aplicabilidad cuando los hay, de incentivos a la demanda para, por ejemplo, la compra de ecotecnologías que presenten claros beneficios a hogares, haciendo uso de instrumentos financieros como las hipotecas verdes, principalmente en vivienda de interés social o prioritario (VIS o VIP). Del lado de la oferta existen incentivos a los constructores IVA (ligada al Estatuto Tributario y al Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás formas de Energía no Convencionales [Proure]), tasas preferenciales (ofrecidas por los bancos, como Bancolombia), agilidad de trámites a proyectos que implementen estrategias de construcción sostenible (en Bogotá, Resolución 3654 del 2014), y aumento de edificabilidad (para proyectos VIS y VIP, reglamentado en Bogotá por los decretos distritales 613 del 2015 y 566 del 2014).

A nivel normativo, la Resolución 0549 del 2015, expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), establece porcentajes mínimos y metas de ahorro de agua y energía a alcanzar en edificaciones nuevas, y proporciona una Guía de ahorro y uso eficiente del agua y energía para el logro de esas reducciones en las nuevas construcciones del país con la implementación de tecnologías eficientes y estrategias que lleven a disminuir los consumos de estos recursos que buscan promover la construcción de vivienda social sostenible, que no se han implementado a nivel de entidades territoriales.

Estos incentivos son (CONPES 3919 del 2018): exenciones tributarias (Código de Construcción Sostenible de Medellín), exclusión del IVA (ligada al Estatuto Tributario y al Programa de Uso Racional y Eficiente de Energía y demás formas de Energía no Convencionales [Proure]), tasas preferenciales (ofrecidas por los bancos, como Bancolombia), agilidad de trámites a proyectos que implementen estrategias de construcción sostenible (en Bogotá, Resolución 3654 del 2014), y aumento de edificabilidad (para proyectos VIS y VIP, reglamentado en Bogotá por los decretos distritales 613 del 2015 y 566 del 2014).

A nivel normativo, la Resolución 0549 del 2015, expedida por el Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio (MVCT), establece porcentajes mínimos y metas de ahorro de agua y energía a alcanzar en edificaciones nuevas, y proporciona una Guía de ahorro y uso eficiente del agua y energía para el logro de esas reducciones en las nuevas edificaciones del país con la implementación de tecnologías eficientes y estrategias que lleven a disminuir los consumos de estos recursos. También se puede mencionar la Norma Técnica Colombiana (NTC) 6112 del 2016, bajo el Sello Ambiental Colombiano (SAC). Estas medidas se han enfocado principalmente en la reglamentación para el ahorro del consumo de agua y energía en edificaciones nuevas y un grupo de construcciones de distintos usos (vivienda no VIS, centros comerciales, oficinas, hoteles, educativos, hospitales), siendo de voluntaria aplicación para vivienda social (VIS y VIP). El financiamiento para equipos de uso final de agua y energía en edificaciones puede hacerse a través de las líneas de crédito que ofrece Findeter con recursos de un préstamo del BID.

La normativa actual presenta una débil inclusión de criterios de sostenibilidad en las etapas del ciclo de vida de las edificaciones (por ejemplo, diseño y planeación, construcción, uso y mantenimiento, y aprovechamiento), nuevas y usadas. Aunque existen varias iniciativas de desarrollo sostenible para edificaciones en el país, entre las que se destacan el Programa del Acelerador de Eficiencia Energética en Edificaciones (Building Efficiency Accelerator [BEA, por sus siglas en inglés]), una alianza público-privada que tiene por objeto duplicar las tasas de eficiencia energética en las edificaciones al 2030, acelerando las acciones de reducción de consumos. Como parte de este programa, la Alcaldía de Bogotá presentó el plan de acción del Programa BEA. Adicionalmente se planteó el diseño e implementación de un sistema de monitoreo, reporte y verificación (MRV) para la ciudad, que ya tiene unos módulos desarrollados.

Los sistemas de certificación para comunidades y ciudades han sido una respuesta a la evolución del mercado, para que los ciudadanos demanden entornos más equitativos, seguros, resilientes y saludables. Así, se expanden e incorporan las buenas prácticas, desde la escala de edificaciones a una mayor, en la que se involucran las estructuras ecológicas, los servicios y la infraestructura para toda una comunidad. Su importancia está en la disponibilidad de un marco para medir y gestionar las condiciones sociales, ambientales y económicas de entornos nuevos o existentes.

Los diferentes sistemas de certificación facilitan la toma de decisiones informadas a las partes interesadas y se consolidan como instrumentos de gestión de los procesos de planeación, diseño, construcción y operación de edificaciones y su entorno. Estas herramientas permiten que se establezcan metas claras de desempeño con relación al uso de los recursos (naturales, económicos y humanos), se determinen protocolos

de seguimiento, se mida y controle el desempeño, y se realicen análisis comprensivos de las estrategias y los impactos de las edificaciones en aspectos ambientales y sociales. Según se menciona en el portal *The Green Building Information Gateway* (GBIG), en el mundo se cuenta con más de 140 000 proyectos certificados con algún sistema de certificación en edificación sostenible en más de 16 000 lugares en el mundo, siendo LEED el sistema más usado. Latinoamérica no ha sido la excepción. En cuanto al sistema de certificación LEED, el mercado de la construcción sostenible latinoamericano ha ido creciendo en la última década, siendo Colombia el cuarto país con más proyectos registrados en este sistema.

Movilidad urbana

A nivel de política hay un sinnúmero de iniciativas (leyes, decretos, documentos CONPES) que han intentado dar lineamientos e incentivos para mejorar la movilidad de pasajeros y carga en el país, mejorar la calidad del aire y la seguridad vial y reducir la congestión y la emisión de gases de efecto invernadero. En el reciente documento CONPES 3991 del 14 de abril del 2020, Política de Movilidad Urbana y Regional, se resumen con lujo de detalle todas estas iniciativas. En este documento se les da importancia a la promoción de modos no motorizados y a las medidas de ordenamiento territorial. Además, se mencionan como objetivos para la implementación de esta política: (1) una adecuada gestión de la demanda; (2) estrategias de seguimiento y fortalecimiento institucional; y (3) fuentes alternativas de financiación.

En este documento se destacan los avances y las limitaciones de las diferentes leyes y políticas emitidas. En particular se menciona como una falla de planeación que “después de doce años de la aprobación de la Ley 1083 del 2006, que obliga a los municipios con población mayor a cien mil habitantes a formular y adoptar planes de movilidad, su estado de cumplimiento es incipiente”, solo el 29 % de los municipios cobijados por esta norma los han formulado y adoptado.

Con relación al transporte de carga se cuenta con un reciente documento CONPES, el 3982 del 2020, Política Nacional de Logística, que trata de solucionar la desarticulación entre los objetivos de la política nacional y las acciones emprendidas por los territorios y lograr “mejorar las operaciones logísticas en aglomeraciones urbanas y promover el uso eficiente de la infraestructura de transporte, el desarrollo de medidas para optimizar la operación de los accesos y pasos urbanos”. A través del CONPES 3963 del 2019, el país ha adoptado una Política para la Modernización del Sector Transporte Automotor de Carga, “donde a través de incentivos económicos y fiscales, se espera renovar el parque automotor de carga y con esto, contribuir en la reducción de externalidades asociadas al transporte como la contaminación y la siniestralidad vial”. Si bien va en la dirección adecuada, la velocidad de cambio propuesta por la Política de Modernización no es suficiente para contrarrestar el impacto que tiene este segmento en la contaminación del aire, debido a los relativamente pocos vehículos que se logran sustituir anualmente frente a la cantidad de vehículos existentes que, por su alto número de años en uso, no cuentan con tecnologías adecuadas para el control de

las emisiones. Como hay evidencia de otros países que muestran que este tipo de intervenciones, dependiendo de cómo se diseñen los incentivos fiscales, pueden terminar generando más costos que beneficios netos, se requiere evaluar las medidas de chatarrización adoptadas en el país.

En Colombia, los instrumentos económicos en transporte se han utilizado principalmente como fuente de recursos y no para dar señales a los consumidores, por lo cual, el diseño de los instrumentos no responde a las externalidades que genera el transporte. Dos ejemplos son la sobretasa a los combustibles, que, además, excluye al Gas Natural Vehicular (GNV) y a los biocombustibles; y los cobros, como los peajes, que no se diferencian según las externalidades negativas que genera cada modo de transporte.

El seguimiento y fortalecimiento institucional es de gran importancia para contar con un sistema de movilidad sostenible. En el análisis realizado en este estudio se observa que los obstáculos son en un alto grado de economía política, porque los gobiernos han tratado este sector como un proyecto “social”, pasando por alto la eficiencia económica, el impacto —en el transporte de pasajeros y de carga— para millones de usuarios y, lo que aquí interesa, la reducción de emisiones contaminantes. Por otra parte, los mecanismos jurídicos para el transporte urbano de pasajeros son del resorte de los alcaldes y concejos; aunque el Gobierno nacional cuenta con instrumentos suficientes para que se utilicen en el nivel local y metropolitano, que no se han usado.

El transporte público y los modos no motorizados son los dos primeros en la jerarquía según la definición de transporte sostenible de Mintransporte. El despliegue, la construcción y la operación de modos y tecnologías de transporte sostenibles requieren diferentes instrumentos de apoyo, además de la política: regulación de externalidades, financiamiento, normas técnicas y otras, incentivos para nuevas tecnologías, eliminación de subsidios a los combustibles fósiles, marco institucional y regulatorio, educación y encadenamiento productivo. Por otra parte, no está resuelto aún el acceso de toda la población al transporte público y a modos no motorizados (caminata, bicicleta). La planeación y operación de los sistemas deben tener en cuenta la diversidad de necesidades específicas que demandan diferentes grupos de la población (por ejemplo, según nivel económico, género, condición de salud, etc.).

En externalidades ambientales, el transporte es la principal fuente de contaminación atmosférica tanto local como global en los centros urbanos en Colombia (Ideam, 2018a; Ideam, 2018c) y esto debería considerarse de manera coordinada en el diseño de los instrumentos. Para esto es importante también avanzar en investigaciones sobre los impactos de diferentes tipos de energéticos y tecnologías vehiculares. En los impactos locales pasar de análisis sobre emisiones directas a impactos en calidad del aire (formación secundaria de contaminantes); y en impactos globales ir hacia el análisis del ciclo de vida de los energéticos. Bajo un análisis más integral, energéticos como los biocombustibles y el GNV no necesariamente resultan ser de menor impacto respecto a otros fósiles. También es necesario contar con instrumentos que generen cambios en el comportamiento para depender cada vez menos del uso de la flota privada, pues, como se mostró anteriormente, no son suficientes las medidas enfocadas en cambios tecnológicos para revertir la tendencia creciente de las emisiones GEI de este segmento.

Es pertinente mencionar que este Gobierno lanzó la Estrategia Nacional de Movilidad Eléctrica y Sostenible para avanzar en la reducción de las emisiones contaminantes y de gases de efecto invernadero y mejorar la calidad del aire y la salud de los colombianos. Mediante la Ley 1964 del 2019 se promueve el uso de vehículos eléctricos para transporte público y particular mediante incentivos a la compra y tenencia, como: (1) las tarifas aplicables para el impuesto sobre vehículos automotores no podrán superar el 1 % del valor comercial del vehículo; (2) descuentos en el valor de la revisión técnico-mecánica; (3) descuento del 10 % en las primas del Seguro Obligatorio de Accidente de Tránsito (SOAT); y (4) la posibilidad de descuentos en el registro o impuesto vehicular, tarifas diferenciadas de parqueaderos o exenciones tributarias, a nivel territorial. El Plan de Acción Sectorial de Mitigación de Emisiones GEI del Ministerio de Transporte tiene en sus acciones priorizadas el transporte público eléctrico.

Con el fin de alcanzar la meta de 600 000 vehículos eléctricos en el 2030 se estableció en esta ley que, en un plazo de doce meses, el Gobierno nacional, los municipios de categoría 1 (con más de setecientos mil habitantes y hasta dos millones habitantes) y los especiales (exceptuando a Tumaco y Buenaventura) deberán cumplir con una cuota del 30 % de vehículos eléctricos que se compren o contraten anualmente. De igual forma, las ciudades que cuenten con sistemas masivos de transporte público deberán implementar políticas para garantizar que para el 2025 el 10 % de los vehículos que ingresen al parque cumplan con esta disposición, y para el 2035, el 100 % de la flota nueva debe ser eléctrica. Antes de finalizar el 2022 deben existir al menos cinco estaciones de carga rápida en los municipios de primera categoría y especiales. En el caso de Bogotá, el número debe llegar mínimo a veinte estaciones de carga.

El reto de resolver la financiación de la operación de los sistemas de transporte público aparece como un aspecto primordial para que los sistemas puedan seguir prestando y mejorando su servicio, ampliando su cobertura, y, por lo tanto, poder dar cumplimiento a las metas de adquisición de flota eléctrica.

Sistemas de agua

En el país se cuenta con distintos instrumentos de planificación para el manejo del agua y el desarrollo territorial, cuya articulación resulta clave para la gestión sostenible del recurso. Estos incluyen escalas definidas a partir del concepto de cuenca (por ejemplo, macrocuenca, zonas hidrográficas, subzonas hidrográficas y microcuencas) y de límites políticos (por ejemplo, región y ciudad). A su vez, integran actores de carácter público y privado a nivel municipal, distrital, regional y nacional, de manera directa o mediante grupos de participación. Adicionalmente, a través de las regulaciones y políticas se han establecido relaciones directas e indirectas entre estos instrumentos y sus actores principales. Sin embargo, dada la gran cantidad de actores e instrumentos de planificación pueden presentarse dificultades en la integración de estos y sus resultados, por lo cual, las políticas de escala urbana formuladas en los últimos años, como el Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales Municipales y la Política de Gestión Ambiental

Urbana, han establecido estrategias y metas para generar espacios de trabajo intersectorial e interinstitucional, así como para la articulación de instrumentos de planificación nacional, regional y local.

La gestión integrada de los recursos hídricos promueve la reducción de pérdidas en los sistemas de distribución y la conservación y el uso eficiente del agua mediante campañas educativas, el uso de equipos eficientes e instrumentos normativos y económicos. Además, fomenta el reúso de las aguas lluvia y residuales como fuente alternativa de abastecimiento, así como el tratamiento descentralizado de estas.

Uso eficiente, ahorro del agua y fuentes alternativas de abastecimiento

En Colombia, el interés por el uso eficiente y ahorro del agua tiene sus inicios con el Decreto Ley 2811 de 1974, Código Nacional de Recursos Naturales Renovables, cuyos lineamientos fueron reiterados por el Decreto 1449 de 1977 y el Decreto 1541 de 1978. Este último es compilado en el Decreto único reglamentario 1076 del 2015 del Sector Ambiente y Desarrollo Sostenible. Con la expedición de la Ley 373 de 1997 se estableció el Programa para el Uso Eficiente y Ahorro del Agua, posteriormente actualizado con el Decreto 1090 del 2018. Esta ley tiene como propósito controlar y regular el uso del agua, así como priorizar acciones para el uso eficiente y ahorro de este recurso, lo que trae beneficios sociales, ambientales y económicos. En el año 2002, el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial (MAVDT) publicó la “Guía de ahorro y uso eficiente del agua”, que incluye estrategias para el ahorro y uso eficiente del agua, principalmente en el sector industrial. En relación con la gestión del agua en entornos urbanos, la Política de Gestión Ambiental Urbana expedida en el 2008 promueve la formulación e implementación de programas para el uso eficiente del agua mediante la definición y ejecución de programas de uso, ahorro y reúso del recurso. La referencia fundamental de política pública para el uso eficiente y ahorro del agua es la Política Nacional para la Gestión Integral del Recurso Hídrico publicada en el año 2010 por el MAVDT. En esta se establecen los principios, los objetivos y las líneas estratégicas para orientar y atender la problemática actual en relación con la gestión del agua; la política se implementa a través del Plan Hídrico Nacional, cuyo horizonte es el año 2022.

La Guía para el ahorro de agua y energía en edificaciones, establecida por medio de la Resolución 0549 de 2015 del mvct (2015), indica los porcentajes mínimos obligatorios de agua que deben ser ahorrados en las nuevas edificaciones del país. También, fomenta la recolección y tratamiento de las aguas lluvia y residuales. En relación con esto, en el año 2018 se publicó el Plan Director de Agua y Saneamiento Básico como una herramienta que busca soluciones innovadoras para enfrentar los desafíos del cambio climático, el manejo sostenible de las aguas lluvia y la gestión de las aguas residuales y de los residuos sólidos. Dentro de sus lineamientos se promueve la gestión de la demanda mediante campañas educativas, así como la reducción de pérdidas físicas en el sistema

y el uso de aparatos hidrosanitarios eficientes para reducir el consumo de agua. Así mismo, incentiva la captación de aguas lluvia en edificaciones para ser utilizadas en usos no potables.

Esta guía es un insumo para el proceso de planeación e implementación de estas actividades en los planes de acción de las autoridades ambientales y en los programas que deben presentar ante estas los usuarios que soliciten o sean titulares de una concesión de agua, de acuerdo con lo establecido en la Ley 373 de 1997. Por otro lado, la Política de Crecimiento Verde promueve el reúso del agua residual tratada por medio de ajustes normativos en la Resolución 1207 del 2014, y establece el diseño de un documento que compile las buenas prácticas en el reúso del agua y la promoción y seguimiento del reúso del agua por las autoridades ambientales. Por su parte, las Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 establecen la adopción de medidas para proteger las fuentes de agua y garantizar su sostenibilidad en el tiempo, con un enfoque de economía circular como uno de los objetivos a alcanzar por parte de las entidades responsables del tratamiento de aguas residuales.

La financiación tanto de las tecnologías eficientes para el ahorro del agua como de los sistemas de reúso de aguas lluvia y residuales se puede dar a través del usuario, los subsidios del Gobierno o de entidades como Findeter.

Aguas pluviales

En materia normativa, el manejo y recolección de las aguas pluviales fue definido como parte del servicio público de alcantarillado por la Ley 142 de 1994 y la Ley 388 de 1997, que estableció que el ordenamiento territorial es una función pública que contempla entre sus objetivos mejorar la seguridad de los desarrollos urbanos ante eventos de inundación. En Colombia, en el desarrollo de los planes de gestión locales de las aguas pluviales se ha formulado la complementación de los sistemas convencionales de drenaje con sistemas sostenibles, a través de la implementación de sistemas urbanos de drenaje sostenible (suds). En particular, la Resolución 688 del 2014 de la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico (CRA) define que los prestadores pueden realizar estudios de beneficio/costo para la implementación de suds dentro del servicio público de alcantarillado y su inclusión en las obras depende de la aprobación de la entidad territorial respectiva y de la relación beneficio/costo. Adicionalmente, la Resolución 0330 del 2017 del mvcr establece que, para nuevos desarrollos que modifiquen la cobertura natural del suelo, se deben diseñar suds con el fin de reducir en un 25 % como mínimo el caudal pico del hidrograma de diseño.

A nivel local, los antecedentes normativos para la implementación de suds en la ciudad de Bogotá incluyen el Acuerdo 418 del 2009, que promueve la implementación de tecnologías arquitectónicas sustentables, como techos verdes, y el Decreto 528 del 2014, que establece el Sistema de Drenaje Pluvial Sostenible de la ciudad y dicta los lineamientos que se requieren para su adecuado funcionamiento. Sin embargo, fue derogado por el Decreto 597 del 2018 debido a conflictos con la normativa existente y la delegación de responsabilidades. Por otro lado, la norma NS-085 de la Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá establece que los nuevos desarrollos y proyectos de

redensificación deberán incluir el manejo de la escorrentía adicional generada por el aumento de la impermeabilidad del suelo. Entre las medidas contempladas para mitigar el incremento de la escorrentía se propone la implementación de suds.

Es necesario definir una estrategia específica para la financiación de los suds en el marco normativo. Se destaca que dentro de las bases de los estudios para el nuevo marco tarifario para grandes prestadores de servicios públicos, que expidió la CRA, se incluyó el requisito de proponer herramientas para incentivar las inversiones para la construcción y el mantenimiento de los suds dentro del servicio público de alcantarillado. En cuanto al espacio público debe considerarse la financiación de los suds como un componente del Plan de Obras e Inversiones Regulado (POIR) o a través de aportes públicos de presupuestos municipales, departamentales y nacionales. En nuevos desarrollos, parte de los costos se pueden asignar a actores privados, como los desarrolladores urbanos. En el espacio privado, por su parte, la regulación podría generar cobros e incentivos (por ejemplo, tarifas por escorrentía y descuentos en la tarifa por instalación de suds) para adoptar estos sistemas, considerando una metodología que se articule con el ordenamiento territorial.

Aguas residuales

Los sistemas descentralizados para el tratamiento de las aguas residuales recolectan, tratan y reutilizan el agua residual en la fuente de producción o cerca de esta. La Resolución 1574 del 2008 y el Decreto 1077 del 2015 son un primer paso para exigir a los nuevos desarrollos urbanos la implementación de alternativas descentralizadas de tratamiento de aguas residuales cuando no exista una planta de tratamiento de aguas residuales (PTAR). Así mismo, con la expedición de la Resolución 0549 del 2015 y la publicación de la guía mencionada se promueve el tratamiento descentralizado de las aguas residuales producidas en nuevas edificaciones para ser reutilizadas en actividades que no requieran agua potable. Por otro lado, el Plan Director de Agua y Saneamiento Básico (2018) resalta las ventajas de considerar sistemas de tratamiento descentralizados como alternativas de bajo costo en zonas rurales. La Política de Crecimiento Verde, a través del CONPES 3934 del 2018, propone expedir una regulación que facilite la desintegración vertical en los servicios públicos de acueducto, alcantarillado y aseo, y que permita el desarrollo de mercados regionales para sistemas de tratamiento de aguas residuales.

La financiación de estos sistemas puede darse mediante tasas retributivas, recursos de inversiones regionales o mediante el Fondo Nacional de Regalías. Debido a que la operación y el mantenimiento de estas estructuras descentralizadas están a cargo de los privados es necesaria la implementación de programas de educación y capacitación con el fin de asegurar la correcta operación de los sistemas.

Suministro y uso de energía

La Ley 1715 del 2014 da los lineamientos para la integración de las energías renovables no convencionales al Sistema Energético Nacional y de los programas de gestión eficiente de la demanda. La Misión de Transformación Energética, actualmente en desarrollo por parte del Gobierno, busca elaborar propuestas para la modernización de un marco institucional y regulatorio que facilite la incorporación de nuevos agentes, tecnologías y esquemas transaccionales en los mercados de energía.

La combinación de plantas generadoras de pequeña escala que al mismo tiempo sean distribuidoras de la energía que generan (“generación-distribuida”), el almacenamiento de energía eléctrica, la respuesta de la demanda y los vehículos eléctricos facilitarán la participación de los usuarios en la gestión misma de prestar los servicios. De allí que se haya acuñado el vocablo “prosumidores”, combinando las palabras *productor* y *consumidor*, porque podrán instalar plantas generadoras y vender excedentes a la red, y, en el futuro, dentro de un circuito conformado por muchos otros usuarios y empresas que sean generadores-distribuidores, a lo mejor estarán desconectados del sistema de distribución local y del sistema interconectado.

La Ley 1715 fomenta las acciones “orientadas a asegurar el suministro energético a través de la implementación de medidas de eficiencia energética y respuesta de la demanda (cambios en los patrones de consumo como respuesta a señales de precios o incentivos diseñados para inducir bajos consumos)”. Le corresponde al Ministerio de Minas y Energía (MME) expedir la normatividad necesaria para implementar sistemas de etiquetado e información al consumidor sobre la eficiencia energética de los procesos, las instalaciones y los productos manufacturados y participar en la elaboración y aprobación de los planes de fomento a las fuentes no convencionales de energía (FNCE) y los planes de gestión eficiente de energía. Por ejemplo, la Unidad de Planeación Minero Energética (UPME) ha resaltado la urgencia de sustituir electrodomésticos que consumen electricidad excesiva, en particular los equipos de refrigeración en los hogares y establecimientos industriales, comerciales, clínicas y otros que los requieren. El incentivo implícito para comprar modelos modernos que consuman menos debería ser el menor pago en las facturas. Pero los costos de la sustitución constituyen una fuerte barrera. Podría aprovecharse que el Banco para el Desarrollo Empresarial y Promoción del Comercio Exterior (Bancoldex) ofrece créditos a programas de eficiencia energética, dirigido a empresas o a sus socios. Podría proponerse a Bancoldex que dirija su promoción a los comerciantes de estos equipos y a las empresas comercializadoras eléctricas, siempre y cuando se financien, por ejemplo, neveras eficientes.

La puesta en marcha de esquemas de prestación y participación en el mercado dependerá de la capacidad de innovación de las empresas prestadoras actuales y de la entrada de nuevas con diferentes visiones del negocio. También puede provenir de los alcaldes en las ciudades intermedias y grandes (las de más de cuatrocientos mil habitantes, por ejemplo) y en las áreas metropolitanas o asociaciones de municipios en conurbaciones urbanas. Con aprobación de los respectivos concejos o juntas

metropolitanas pueden decretarse exenciones hasta por diez años a los impuestos predial y de industria y comercio para los emprendedores de esquemas como los descritos. Recientemente, en la Ley 2036 del 27 de julio del 2020, “se autoriza al Gobierno Nacional para financiar con aportes del Presupuesto General de la Nación y el Sistema General de Regalías la participación de las entidades territoriales en los proyectos de generación de energías alternativas renovables y se dictan otras disposiciones”.

Las condiciones para la instalación y operación de los sistemas de generación deberán ser establecidas por la Comisión de Regulación de Energía y Gas (CREG), lo cual es aún más necesario si el distribuidor se convierte en el operador de la red de distribución y en una plataforma de servicios, y estas actividades están adecuadamente remuneradas.

Los distritos térmicos (DT) son una alternativa interesante para avanzar en trayectorias de descarbonización y que podrían tener un manejo más abierto. Un DT es un servicio que consiste en el suministro de agua fría/helada, caliente o en forma de vapor, para mantener temperaturas frescas o con calefacción, ofrecido a uno o varios clientes. No es, por tanto, parte del servicio público domiciliario de energía eléctrica, aunque puede tener efectos sobre este, al alejar usuarios que consumen electricidad para hacer funcionar equipos de aire acondicionado en climas cálidos o calentadores de ambiente en climas fríos. Los operadores de los DT no son ni tienen que ser empresas de servicios públicos, como lo dispone la Ley 142 de 1994. Sí están sometidos a las reglas constitucionales y al desarrollo legal sobre prohibición de prácticas contrarias a la libre competencia incluido el abuso de posición dominante, así como a no incurrir en conductas de competencia desleal y propender por la protección al consumidor, como la totalidad de los agentes económicos en el país. En estos casos, la CREG podría considerar la necesidad de intervenir.

El MME o la CREG, además de fijar pautas generales, deben también permitir que los agentes experimenten modelos de negocio mediante “cajas de arena”, un mecanismo recomendado en el informe de la denominada “Misión Internacional de Sabios” para “mejorar las capacidades de anticipar y probar alternativas de negocios y regulatorias para la transición energética”, en temas tales como “el apoyo a la creación de una industria electrónica y digital de paneles solares orgánicos, instrumentación y control para redes inteligentes y microrredes, y eficiencia energética”.

La generación distribuida y las microrredes pueden utilizarse igualmente para expandir la cobertura del servicio eléctrico o mejorar su calidad en las zonas rurales. Como parte de los acuerdos de paz con las FARC, estos territorios en buena parte son áreas prioritarias para la extensión de distintos programas gubernamentales con los denominados planes de desarrollo con enfoque territorial (PDTs) en ciento setenta municipios, que incluyen a las ciento diez zonas no municipalizadas que hacen parte de las zonas no interconectadas (ZNI).

Legal y regulatoriamente es viable poner en marcha estos nuevos desarrollos y se está en el camino de hacerlo. De acuerdo con el principio de adaptabilidad de la Ley 143 de 1994, más los lineamientos de la Ley 1715 del 2014 y la flexibilización que la Ley del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 introdujo para considerar nuevos servicios y sus operadores, la CREG podrá regular sin requerir otras disposiciones adicionales. En el caso de los DT podría proponerse al MME o la CREG que, basándose en el principio de adaptabilidad mencionado, precisara el alcance del artículo 73.2 de la Ley 142 para

dirimir el hecho de que un DT podría verse como una competencia desleal con los prestadores del servicio eléctrico, ya que indirectamente compiten con ellos, al atraer clientes al DT para el calentamiento o enfriamiento de agua, dejando estos de consumir parcialmente electricidad.

El financiamiento para la instalación de sistemas de energías renovables y de acciones de eficiencia energética cuenta con un fondo especial denominado Fondo de Energías no Convencionales y Gestión Eficiente de la Energía (Fenoge), creado con la Ley 1715 del 2014. Los recursos que nutren el fondo pueden ser aportados por la nación, entidades públicas o privadas, así como por organismos de carácter multilateral e internacional. Este fondo es manejado por el Ministerio de Minas y Energía.

Gestión de residuos

La Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos, desarrollada en el documento CONPES 3874 del 2016, da lineamientos para la gestión de los residuos no peligrosos. Busca que “el valor de los productos y materiales se mantengan durante el mayor tiempo posible en el ciclo productivo, que los residuos y el uso de recursos se reduzcan al mínimo, y que los recursos se conserven dentro de la economía cuando un producto ha llegado al final de su vida útil, con el fin de volverlos a utilizar repetidamente y seguir creando valor”. Lo anterior como base para avanzar hacia la economía circular (desde la gestión integral de residuos sólidos) y así aportar al desarrollo sostenible y a la adaptación y mitigación del cambio climático.

En el Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 se señala que el MVCT con apoyo del MADS fomentarán el aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de residuos, para lo cual definirán criterios para la ubicación de infraestructura de recuperación de materiales y avanzarán en la implementación de proyectos tipo para su financiación con enfoque de cierre de ciclos. Adicionalmente, la Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico incluirá los costos ambientales y la remuneración del aprovechamiento y el tratamiento en los marcos tarifarios. Este ajuste fortalecería la viabilidad de opciones de gestión de residuos diferentes a la disposición final. De igual forma, referente a la tarifa del servicio de aseo se ha establecido en la regulación un descuento de hasta un 4 % en cobros para suscriptores de macrorrutas de recolección de residuos aprovechables que tengan niveles de rechazo inferiores al 20 % de los residuos presentados (Resolución CRA 720 del 2015). Si bien este estímulo no ha demostrado un impacto significativo en la correcta separación en la fuente, representa un paso inicial hacia una tarifa individualizada en el que se cobre al usuario por la cantidad de residuos no reciclables que genere (*pay-as-you-throw*), ligado también al aumento en la visibilidad y claridad de los rubros incluidos en la tarifa.

El manejo de los residuos generados por los habitantes de proyectos de vivienda se ajusta a los esquemas de gestión establecidos en el país, según los cuales los residuos ordinarios y los residuos peligrosos se deben gestionar de manera independiente acorde con la normatividad e institucionalidad establecida para cada caso. El manejo de los residuos ordinarios está enmarcado en la prestación del servicio público domiciliario de aseo y

respecto al de los residuos peligrosos debe consultarse el listado de las empresas autorizadas para su gestión según las características de peligrosidad de los residuos generados. El eventual incumplimiento de las obligaciones relacionadas con el almacenamiento y la presentación de los residuos dará lugar a sanciones administrativas y de policía.

La estrategia nacional de economía circular (ENEC) lanzada en el año 2019 identifica oportunidades en el desarrollo de negocios de producción de fertilizantes orgánicos, enmiendas o acondicionadores, incrementando el valor agregado de la tierra y reduciendo la emisión de GEI por la fabricación de fertilizantes de síntesis química. Si bien las metas establecidas en la ENEC para este flujo de material están dirigidas a biomasa residual de procesos agroindustriales se evidencia una oportunidad en el aprovechamiento de los residuos domiciliarios. La composición nacional de los residuos sólidos municipales mayoritariamente está integrada por residuos rápida y medianamente putrescibles, los cuales son los principales responsables de la generación de GEI y lixiviados en los rellenos sanitarios. He aquí la importancia de potenciar los procesos de aprovechamiento de esta importante fracción de los residuos municipales. Por otro lado, los rellenos sanitarios en países con alto desarrollo tecnológico han venido minimizándose en las últimas décadas debido a los altos impactos ambientales negativos que generan, alta demanda de espacio, periodos de tiempo muy largos en su clausura y posclausura, emisiones de GEI, entre otras.

La Ley 1715 del 2014 contempla el aprovechamiento energético de residuos que no puedan reutilizarse ni reciclarse como fuente no convencional de energía renovable, permitiendo la aplicación de incentivos tributarios, arancelarios y contables para proyectos que produzcan o utilicen energía de este tipo.

Algunos esfuerzos reglamentarios y operativos se han desplegado para impulsar el aprovechamiento de residuos como actividad complementaria del servicio público de aseo. De manera particular y atendiendo los mandatos de la Corte Constitucional (incluidos en la Sentencia T-724 del 2003 y sus autos de seguimiento que ordenan adelantar acciones afirmativas en favor de los recicladores), se ha buscado fomentar el aprovechamiento de ciertos materiales objeto de comercialización por parte de la población recicladora. Estas disposiciones se armonizan con la estrategia de economía circular consagrada en el documento CONPES 3874 del 2016.

El mvct reglamentó la recolección de residuos aprovechables, el transporte selectivo hasta la estación de clasificación y aprovechamiento (ECA) o planta de aprovechamiento, incluyendo su clasificación y pesaje; actividades a cargo de la persona prestadora que, para los casos de estudio, son los recicladores de oficio formalizados o en proceso de formalización, conforme a lo estipulado en el artículo 15 de la Ley 142 de 1994. Los habitantes de los proyectos de vivienda deben cumplir con su obligación de separación en la fuente (DUR 1077/15, art. 2.3.2.5.2.1.1).

Dentro de los múltiples propósitos del aprovechamiento, establecidos en la normatividad (DUR 1077/15 art. 2.3.2.2.2.8.81), se destaca la recuperación de la fracción orgánica presente en los residuos sólidos con el fin de reducir el caudal y la carga contaminante de lixiviados en el relleno sanitario y aumentar su vida útil, al tiempo que se disminuyen los impactos ambientales derivados de los procesos de disposición final; no obstante, el desarrollo reglamentario referente al aprovechamiento de los residuos orgánicos ha sido escaso y no ha contado con los estímulos diseñados para la recuperación de

materiales como papel, cartón, plástico, vidrio y metal, por lo que el destino final de los residuos orgánicos sigue siendo el relleno sanitario con los impactos que genera su descomposición, relacionados con la generación de biogás y lixiviados. De acuerdo con la Resolución 720 del 2015 de la CRA, en el costo de disposición final es posible incluir los costos de inversión en sistemas de control ambiental para el manejo de lixiviados; actualmente, la recuperación y gestión de la fracción orgánica de los residuos está enmarcada en los costos de tratamiento, lo que desestimula su desarrollo. En otras palabras, la reglamentación sobre aprovechamiento de residuos orgánicos mediante el compostaje y la lombricultura aún no ha sido desarrollada y en los esquemas regulatorios se reconocen como tratamiento de residuos con tarifas asociadas a la disposición final.

Los ajustes normativos en torno a la gestión de los residuos sólidos en el país, en armonía con los lineamientos de las políticas públicas del sector, privilegian la disposición final de los residuos sólidos no aprovechados en rellenos sanitarios por considerar que este tipo de sistema es una solución costo-efectiva por las características de los residuos generados, lo cual es altamente discutible y no está soportado técnicamente. El manejo centralizado de la disposición de residuos sólidos municipales genera enormes ineficiencias y externalidades socioambientales, entonces es una propuesta no sostenible. Lo que aunado a la ausencia de estaciones de transferencia de residuos sólidos en grandes ciudades hace de estos esquemas de gestión la peor apuesta en una sociedad tendiente a la sostenibilidad. Tener que retornar camiones colectores vacíos desde los rellenos sanitarios hacia las zonas de servicio demuestra, a todas luces, la alta ineficiencia energética que tiene este esquema, a lo cual debe sumarse la mayor emisión de GEI por tonelada de residuo efectivamente gestionada. La visión nacional debe involucrar la gestión (aprovechamiento) descentralizada de los residuos sólidos generados.

A pesar de la existencia de políticas, acuerdos y estrategias que buscan mitigar la emisión de GEI generada por la gestión de residuos y aumentar el aprovechamiento, la regulación frente a la localización de plantas de aprovechamiento y valorización (Reglamento Técnico del Sector de Agua Potable y Saneamiento Básico Título F Sistemas de Aseo Urbano) establece, para el caso de los residuos inorgánicos reciclables, condiciones que dificultan la ubicación de plantas de aprovechamiento, especialmente de residuos orgánicos, a pequeña escala en ciudades densamente pobladas, lo que propicia la continuación de sistemas centralizados de gestión de residuos.

Por otro lado, si bien en la normatividad sobre la prestación del servicio público de aseo se contempla la ubicación de estaciones de transferencia como solución de costo mínimo para incrementar la eficiencia y optimizar los costos de operación (DUR 1077/15, art. 2.3.2.2.7.74), en Bogotá no se ha viabilizado este tipo de sistema a pesar de estar contemplado su estudio de conveniencia en el Plan de Gestión Integral de Residuos Sólidos (2016-2027).

Es oportuno mencionar que la Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos Sólidos plantea incrementar el nivel de separación en la fuente a través de acciones educativas, culturales y de innovación relacionadas directamente con los generadores de residuos, más allá de incentivar el desarrollo de infraestructura necesaria. Esta política contempla como una de sus estrategias realizar trabajos e investigaciones, a través de la Unión Universitaria en Producción y Consumo Sostenibles, relacionados con potenciales usos para materiales de difícil aprovechamiento y continuación del trabajo

en líneas de acción sobre producción y consumo sostenibles. Por su parte, la ENEC promueve la inclusión de contenidos de economía circular en programas de educación superior existentes y la implementación de instrumentos de mercado como el eco etiquetado, que diferencia los productos que cumplen con criterios de sostenibilidad con enfoque de ciclo de vida, impulsando la competitividad y sostenibilidad empresarial.

Gestión ambiental

A nivel ambiental, el país ha adoptado un buen número de “políticas nacionales”, cada una seguida por decretos y resoluciones nacionales y regionales. El MADS divulgó en el 2018 un documento de seguimiento de políticas, que menciona trece políticas para esta clase de gestión: integral de la biodiversidad y sus servicios; integral de recursos hídricos; sostenible del suelo; ambiental urbana; integral de residuos; de desechos peligrosos; aparatos eléctricos y electrónicos; humedales interiores; el desarrollo sostenible de los espacios oceánicos y las zonas costeras e insulares; la producción y el consumo sostenibles; la prevención y el control de la contaminación del aire; la educación ambiental; y el cambio climático. Lo que hace el documento mencionado es priorizar las tareas o acciones que se deben adelantar, pero no ordena las políticas por importancia.

En la evaluación de políticas ambientales que adelanta el DNP se señala que hay una extensa y compleja normatividad en el sector ambiental y una gran diversidad de actores de distintos órdenes, lo cual genera dificultades para la implementación efectiva de las políticas. Se puede afirmar que en la normatividad hay poca priorización y pragmatismo. Todo hay que hacerlo al tiempo, no se escogen subsectores ni se adoptan medidas paso a paso. Hay un enmarañado sistema institucional que enreda aún más las competencias de los distritos y municipios, en particular en los usos del suelo, con el agravante de que la Corte Constitucional declaró inexecutable el artículo que permitía que los alcaldes pidieran al MADS revisar decisiones de las CAR sobre los POT y similares, mediante el recurso de reposición. Esta decisión, unida al hecho de que la orientación y apoyo nacionales al ordenamiento territorial municipal se ubica por una parte en el Viceministerio de Ordenamiento Ambiental del Territorio y en la Dirección de Asuntos Ambientales Sectorial y Urbanos del MADS y, por otra, en la Dirección de Espacio Urbano y Territorial, del Viceministerio de Vivienda, del MVCT, ha contribuido a la escisión entre ordenamientos urbano y rural, así como a la complejización de los procesos de ordenamiento territorial en general.

Se mencionan a continuación las tres políticas identificadas como las más relevantes para definir el marco de actuación hacia la construcción de ciudades sostenibles, desde la órbita de la gestión ambiental. La primera, la Política de Gestión Ambiental Urbana, que promueve la coordinación y el fortalecimiento institucionales entre las entidades territoriales y las autoridades ambientales y la participación ciudadana para incrementar la cultura, la conciencia ambiental y el grado de participación de los ciudadanos en la solución de los problemas ambientales urbano-regionales. En la evaluación mencionada se señala la dificultad de participación de las autoridades municipales y áreas metropolitanas en la discusión de las acciones y toma de decisiones, además de la falta de claridad en la norma respecto a definiciones, jurisdicción, lineamientos y competencias.

Otra de las políticas a resaltar es la de Gestión Integral de la Biodiversidad y Servicios Ecosistémicos (PGIBSE), que busca que “se mantenga y mejore la resiliencia de los sistemas socio-ecológicos, a escalas nacional, regional, local y transfronteriza, considerando escenarios de cambio y a través de la acción conjunta, coordinada y concertada del Estado, el sector productivo y la sociedad civil”. Estos objetivos son concordantes con los objetivos del plan de acción de la Política de Gestión Ambiental Urbana. Para lograr los objetivos previstos, la PGIBSE propone seis ejes temáticos que exploran la relación de la biodiversidad con: (1) la conservación y el cuidado de la naturaleza; (2) la gobernanza y creación de valor público; (3) el desarrollo económico y calidad de vida; (4) la gestión del conocimiento tecnología e información; (5) la gestión del riesgo y suministro de servicios ecosistémicos; y (6) la corresponsabilidad y los compromisos globales.

Esta política reconoce a los procesos de urbanización como uno de los principales vectores de transformación y pérdida de biodiversidad y servicios ecosistémicos en Colombia, y, en consecuencia, promueve la inclusión explícita de estos en las determinantes ambientales que deben adoptar las corporaciones ambientales para la formulación de los POT municipales. Sin embargo, la misma PGIBSE reconoce las dificultades para definir estos determinantes. Los planes regionales de acción en biodiversidad son una oportunidad de articulación.

Ciudades que cuentan con autoridad ambiental urbana, entre ellas Bogotá (Decreto 607 del 2011) y Medellín (Acuerdo del 2014), han formulado y adoptado sus respectivas políticas de gestión de la biodiversidad. Asimismo, en ambas ciudades, los jardines botánicos constituyen un importante soporte tanto para la generación de información como para la gestión de la biodiversidad urbana. Si bien esto constituye un significativo avance en la gestión de la biodiversidad urbana, la articulación entre estas políticas y los planes de ordenamiento es aún débil.

La última política para mencionar es la Política de Producción y Consumo Sostenibles, que busca generar un cambio hacia patrones de producción y consumo para una mayor sostenibilidad por parte de los diferentes actores de la sociedad nacional. Se contemplan acciones para “reducir la contaminación, conservar los recursos, favorecer la integridad ambiental de los bienes y servicios y estimular el uso sostenible de la biodiversidad, como fuentes de la competitividad empresarial y de la calidad de vida”. En esta política, además de las estrategias e instrumentos, se incluyen metas para mejorar los patrones de producción y consumo de la sociedad colombiana, de acuerdo con lo establecido en las metas generales del Plan Decenal de la Política Ambiental del país (Minambiente, 2010).

En junio del 2019, el MADS presentó oficialmente la estrategia de largo plazo E2050 para la resiliencia climática (carbono-neutralidad y adaptación), que apuesta por la adaptación de los sectores y territorios a los efectos del cambio climático y tiene como uno de sus ejes la construcción de ciudades sostenibles. Se dice que “un lente urbano permite fomentar enfoques transversales” al integrar varios sectores de uso final, varios niveles de gobierno y diferentes tipos de actores (privado, academia, no gubernamental). Ojalá se logre esta coordinación con el apoyo de la Mesa de Ciudades que coordina el MADS.

También, el mvct anunció a mediados de noviembre del 2019 la Política Nacional de Ciudades 4.0, que tiene como objetivo construir territorios autónomos, sostenibles, ordenados y modernos, buscando fortalecer las capacidades de las ciudades, para que

estas cuenten con equipos técnicos sólidos y mayor independencia financiera. Para esto se adopta el concepto de *biodiversidades*, que contempla aquellos territorios que tienen en cuenta el desarrollo del espacio público y de la infraestructura social complementaria para un desarrollo sostenible.

Con relación al financiamiento y los incentivos tributarios, en la Ley 99 de 1993 lograron incluirse artículos que son mandatos imperativos, como los referentes a las tasas por uso del agua y las retributivas para el vertimiento de aguas residuales; las transferencias que tienen que hacer las generadoras eléctricas; las reglas sobre concesiones y permisos; sobre licencias ambientales; y la sobretasa al impuesto predial que se transfiere a las corporaciones ambientales regionales.

Es oportuno señalar que la gestión para la conservación y consecuentemente la sostenibilidad del territorio debe concretarse en el ordenamiento territorial, ya que dicha herramienta político-administrativa permite concertar acciones para orientar el desarrollo del territorio, según las estrategias de desarrollo socioeconómico y en concordancia con el medio ambiente y las tradiciones culturales. Las leyes 9.ª de 1989 y 388 de 1997 son complementarias al establecer las funciones a nivel local sobre la ordenación del territorio de cada distrito, municipio y área metropolitana. Los aspectos más relevantes son: (1) la obligación de elaborar planes de ordenamiento territorial para aquellos que tienen más de cien mil habitantes; y (2) la autorización para que los concejos adopten el tributo de “participación de plusvalía”.

Ciencia, tecnología e innovación

Colciencias presentó el Libro Verde del 2030 con el propósito de “contribuir en la solución de los grandes desafíos sociales, económicos y ambientales que enfrenta nuestro país y que se consideran expresados en los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ods) de la Agenda 2030 de las Naciones Unidas adoptada por el país como una hoja de ruta para el desarrollo sostenible en el mediano y largo plazo” (Colciencias, 2017, párr. 1). Mediante un enfoque transformacional se hacen propuestas conceptuales y de principios y se proponen metas para la acción pública a fin de “facilitar la transformación de los actuales sistemas sociotécnicos haciéndolos más sostenibles”.

Con relación al Objetivo 11, Colciencias estuvo trabajando en la posible articulación entre “la política pública de ciencia, tecnología e innovación, la política de desarrollo urbano y la política en modernización y de la producción industrial sostenible, incorporando el tema de ciudades y regiones como objeto de investigación e innovación en la consolidación de ciudades y regiones sostenibles” (Minciencias, 2017, párr. 5) y buscó motivar a la comunidad científica para aportar en la generación de instrumentos y herramientas que analicen los problemas y retos que plantean las ciudades y regiones sostenibles. El tema de la ecoconstrucción se presenta como una alternativa tecnológica que favorece tanto la inclusión social como la reducción de gases de efecto invernadero. Además, se plantea la necesidad de pensar en soluciones para generar una economía circular.

En la actualidad, el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación se encuentra estructurando, con el apoyo de los consejeros, una nueva versión del Programa de Ambiente, Biodiversidad y Hábitat. Según la información suministrada por los funcionarios a cargo de este proceso se diseñan líneas de acción en⁶: (1) hábitat y ambiente, (2) territorios sostenibles, (3) habitabilidad e infraestructura, (4) gestión ambiental urbano-regional, (5) ciudades sostenibles y resilientes, y (6) movilidad sostenible. El apoyo que pueda dar este programa a la generación y transferencia de nuevo conocimiento y aplicación de los resultados de investigación es fundamental para avanzar hacia ciudades de bajas emisiones, mayor adaptabilidad y mejores condiciones de habitabilidad.

En una discusión reciente sobre la Estrategia 2050 se señaló, igualmente en este campo, la iniciativa de territorios y ciudades inteligentes. En cumplimiento de lo establecido en el PND 2018-2022, el Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones propone un modelo para apoyar la transformación digital de territorios y avanzar hacia ciudades inteligentes. Como señala, esta propuesta se articula con la Política de gobierno digital, que está reglamentada en el Decreto 1008 del 2018, y cuyo objetivo es establecer los lineamientos generales de uso y aprovechamiento de las tecnologías de la información y las comunicaciones para consolidar un Estado y unos ciudadanos competitivos, proactivos e innovadores, que generen valor en un entorno de confianza digital.

⁶ Notas en borrador de avances del programa.

Estrategia de análisis y evaluación

Como estrategia de abordaje para la planeación sostenible de las ciudades se propone una estrategia a partir de los megaproyectos urbanos con un enfoque sectorial, con el objetivo de plantear elementos útiles para la planeación y operación de proyectos urbanísticos y ciudades sostenibles. Es con este enfoque de la planeación vista desde los sectores, y con el apoyo de diferentes herramientas para su análisis, que se estructura la propuesta de planeación sostenible y se abordan los casos de estudio. El esquema conceptual propuesto para abordar el análisis de un desarrollo urbano se presenta en la figura 2. Como propósitos generales del desarrollo se consideraron: el buen uso del suelo, la maximización de servicios ecosistémicos, la gestión eficiente y sostenible de recursos y residuos, la oferta de bienes públicos para el bienestar y la innovación, conectividad y economía⁷. Los sectores desde los cuales se adelanta el análisis son: ecología urbana, agua, energía, residuos, movilidad y edificaciones. Como salidas, por las finalidades del estudio y la financiación, se analizaron: (1) la reducción de la huella de carbono, (2) el aumento de la resiliencia, y (3) la mejora de las condiciones de habitabilidad.

Considerando la importancia de los aspectos ecológicos, económicos, sociales y estéticos en los procesos de planeación urbana se proponen como ejes de soporte los servicios ecosistémicos y el manejo sostenible del agua. A nivel urbano, los servicios ecosistémicos dependen de la cantidad y calidad de infraestructura verde (áreas protegidas urbanas, parques, corredores verdes, jardines, bosques, humedales), por lo tanto, el desarrollo urbano, al modificar dicha infraestructura en composición y forma, puede generar impactos en la biodiversidad y sus servicios ecosistémicos. Muy articulado con las estrategias para la sostenibilidad ecológica está la propuesta de manejo del agua en entornos urbanos con aproximaciones que involucran la construcción de infraestructura urbana adaptativa y multifuncional, que refuerza los comportamientos sensibles al agua como respuesta al cambio climático. De esta manera, una ciudad sensible al agua integra seguridad hídrica, control de inundaciones, salud pública, normativas relacionadas con la recuperación y protección de los cuerpos de agua, amenidad, habitabilidad y sostenibilidad económica. Adicionalmente, la comunidad interactúa activamente con el agua, lo que genera que tenga mayor conciencia sobre su valor.

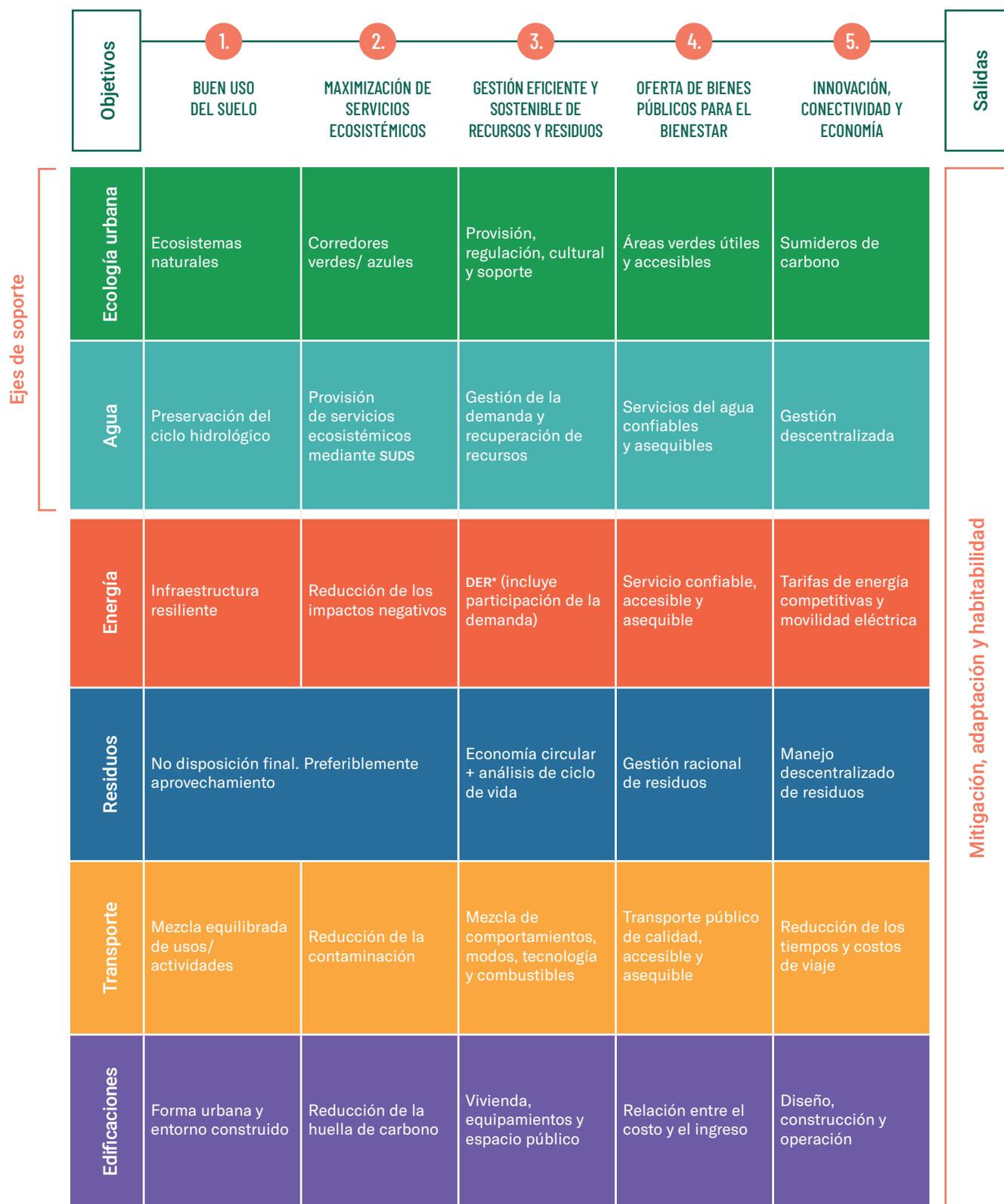
A partir de allí y tomando en consideración los avances conceptuales y tecnológicos orientados a la descarbonización de las economías sin afectar el crecimiento y el desarrollo social, se propone explorar desde lo sectorial, por ejemplo, alternativas sostenibles para el suministro de energía con fuentes limpias y locales y el uso eficiente; la gestión eficiente de residuos, su reúso y reciclado durante las etapas de construcción y operación de los proyectos; la movilidad limpia y eficiente en cuanto a modos y tecnologías que reduzcan las externalidades negativas por contaminación, congestión y siniestralidad, al tiempo que ofrecen un mejor servicio; y mejores diseños y materiales para la construcción y operación de las edificaciones e infraestructuras asociadas.

⁷ El quinto objetivo, que corresponde a innovación, conectividad y economía, no fue abordado en toda su acepción en este proyecto, con excepción del desarrollo de sumideros, el cambio hacia sistemas descentralizados en la gestión de recursos y residuos, conectividad del transporte y nuevos diseños y materiales para la edificación.

Para cada sector se considera como estructura de análisis las diferentes etapas a recorrer en cada uno para moverse de una situación inicial, representada por un estado mínimo de sostenibilidad, hacia una situación final, representada por el logro de una ciudad sensible en sostenibilidad en ese sector (véase la figura 1). Entre la situación inicial y la final hay varias etapas que deben surtirse para llegar a esa situación final. El camino entre la situación inicial y la final se recorre mediante la implementación de una serie de acciones que tienen impactos diferentes en el logro de la sostenibilidad del proyecto urbanístico.

La transición entre las etapas propuestas se representa de manera progresiva, aunque no siempre es requerido pasar de una etapa a otra, por no ser necesario o por las circunstancias de la ciudad. Así pues, la transición hacia una ciudad sensible propone un desafío para las ciudades, pues requiere que estas reorienten la infraestructura, las instituciones y las prácticas para la gestión de cada sector. Particularmente, se requiere infraestructura e instituciones más flexibles e integradas a escalas tanto centralizadas como descentralizadas. Adicionalmente, es necesario integrar los planes de gestión y manejo con los planes de expansión urbana y estratégicos, y se destaca que es esencial la cooperación estrecha entre las diferentes entidades gubernamentales y la participación de la comunidad.

Aunque se presenta un enfoque sectorial, no hay que perder de vista la interoperabilidad entre los sectores que componen el planeamiento y la operación de una ciudad. A medida que se avanza en el proceso de planificación, la visión de ciudad comienza a emplear o considerar criterios de otros sectores (energía, transporte, residuos) y de manera directa o indirecta se crean traslapes entre estos. De esta forma, la visión de ciudad desde un sector particular requiere de la intervención y el esfuerzo de diferentes sectores de manera simultánea. Considerar todos los objetivos que se presentan para cada sector desde etapas tempranas de diseño e implementación de los proyectos implica mayores beneficios netos para la sociedad y menores costos a largo plazo. La visión de cada sector se estableció de tal manera que pueda ser escalada tanto para una ciudad como para un proceso de desarrollo urbano similar al realizado en este estudio.



*DER: Recursos de energía distribuida.

Figura 2. Esquema conceptual propuesto

Fuente: tomada de *Informe final*, 2020, cap. 1, p. 3.

Sistema de indicadores

La herramienta propuesta para hacer seguimiento, monitoreo y evaluación de la evolución de los diferentes sectores es un sistema de indicadores complementado por las líneas base, que en el caso de este proyecto requirió, además, de la construcción del inventario de emisiones. Los sistemas de indicadores se usan para establecer objetivos medibles y permiten monitorear el progreso hacia estos. Además, son útiles como herramienta de apoyo para la toma de decisiones. Igualmente, los inventarios de emisiones complementan los indicadores en los procesos de evaluación y toma de decisiones. Estos no solo identifican las fuentes de emisiones de gases efecto invernadero, sino que, además, ayudan a evaluar las opciones de reducción y captura.

En el presente estudio se propone un marco conceptual para planear y evaluar desarrollos urbanos desde una acción sectorial evolutiva que sea integrable a los propósitos de sostenibilidad. Se plantea un sistema de indicadores que mida la dinámica de mejora desde los diferentes sectores considerados: ecosistemas urbanos, manejo integrado del agua, suministro y uso de energía, manejo integrado de residuos, movilidad sostenible y edificaciones e infraestructura urbana. En cada uno de los sectores se establecieron unas etapas que se consideran necesarias para avanzar en un desarrollo urbano sostenible (véase la tabla 2). Estas etapas están directamente relacionadas con los indicadores sectoriales requeridos para monitorear y verificar la evolución de los desarrollos urbanos en estudio. Bajo este enfoque, la planeación urbana y el desarrollo de las ciudades se consideran procesos dinámicos en permanente evolución.

Los indicadores identificados buscan medir aspectos fundamentales de la sostenibilidad urbana, y estos, a su vez, pueden tener mayor incidencia en los niveles de calidad de vida. Asimismo, estos indicadores tienen la facultad de traducirse fácilmente en objetivos de desempeño, lo cual favorece los ejercicios de seguimiento y monitoreo. Cabe resaltar que, basados en esta filosofía de agrupación de indicadores, en los diferentes enfoques propuestos pueden incluirse más niveles de profundidad en la matriz definida, acorde con el nivel de detalle requerido para la evaluación de cada caso de estudio. Los indicadores sectoriales propuestos se presentan más adelante en cada uno de los sectores.

Tabla 2. Etapas de cada sector

Fuente: elaboración propia.

Sector	Etapas					
	1	2	3	4	5	6
Ecosistemas urbanos	Ciudad con espacio público	Ciudad con espacio público verde	Ciudad con estructura ecológica principal	Ciudad con estructura ecológica integral (áreas verdes diferenciadas y complementarias)	Ciudad con funcionalidad social y ecológica	Ciudad social y ecológicamente funcional y resiliente
Manejo integrado del agua	Ciudad con suministro de agua	Ciudad con alcantarillado sanitario	Ciudad con drenaje pluvial	Ciudad con calidad de cuerpos de agua	Ciudad con ciclo de agua	Ciudad sensible al agua
Suministro y uso de la energía	Ciudad con suministro de electricidad y gas	Ciudad con suministro de energía confiable y de calidad	Ciudad con demanda participativa (gestión de demanda)	Ciudad con prosumidores y comunidades energéticas	Ciudad con recursos de energía distribuidos y distritos energéticos	Ciudad con suministro limpio, eficiente y confiable
Gestión de los residuos	Ciudad con cobertura total de recolección de residuos	Ciudad con disposición final adecuada	Ciudad con correcta separación en la fuente y recolección diferenciada de residuos	Ciudad con reúso, aprovechamiento material y energético de sus residuos	Ciudad que minimiza su generación de residuos y promueve el reúso y aprovechamiento	Ciudad sensible a la gestión integral de los residuos
Movilidad sostenible	Acceso universal a los servicios que ofrece la ciudad	Ciudad con cobertura total de transporte público	Planeación "visión cero" (cero muertes por siniestros y por emisiones)	Oferta de transporte de buena calidad	Calidad de vida como prioridad	Reducción de la contaminación
Edificaciones e infraestructura urbana	Ciudad con vivienda segura	Ciudad con vivienda saludable	Ciudad con acceso a infraestructura urbana	Ciudad con uso eficiente de la energía	Ciudad con uso consciente de los recursos naturales	Ciudad con entornos construidos sostenibles

Tabla 3. Categorías e indicadores generales

Etapa (categoría)	Indicadores
Económica	<ul style="list-style-type: none"> • Tasa de desempleo en la ciudad • Número de empresas por cada determinado número de habitantes
Gobernanza	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de servicios de la ciudad accesibles en línea • Gastos del municipio para la transición hacia una ciudad inteligente y sostenible • Disponibilidad de datos gubernamentales
Participación ciudadana	<ul style="list-style-type: none"> • Conciencia pública • Distribución de género en cargos públicos a nivel ciudad • Participación electoral en las últimas elecciones (como porcentaje de votantes registrados)
Oportunidades culturales y recreativas	<ul style="list-style-type: none"> • Metros cuadrados de espacio público recreativo cubierto per cápita • Metros cuadrados de espacio público recreativo al aire libre per cápita • Número de instituciones culturales e instalaciones deportivas por cada determinado número de habitantes • Número anual de eventos culturales por cada determinado número de habitantes (por ejemplo: exposiciones, festivales, conciertos)
Educación	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje de población en edad escolar matriculada • Tasa de deserción de estudiantes • Relación número de estudiantes / profesores en escuelas y colegios • Porcentaje de la población de la ciudad con acceso a internet • Cantidad de computadoras, tabletas u otros dispositivos de aprendizaje digital disponibles por número de estudiantes de primaria y secundaria
Salud	<ul style="list-style-type: none"> • Esperanza de vida media • Accesibilidad a servicios básicos de salud • Número de hospitales o centros de salud por cada determinado número de habitantes

Fuente: elaboración propia.

Como complemento se proponen indicadores de carácter general que miden el impacto del proyecto a la productividad de la economía y las posibilidades de soporte del bienestar de los residentes, los cuales se clasifican en categorías: económica, gobernanza, participación ciudadana, oportunidades culturales y recreativas, educación y salud, como se muestra en la tabla 3.

En el caso de este estudio, los indicadores permiten medir el aporte de diferentes acciones: (1) la reducción de GEI, (2) el aumento de la resiliencia, y (3) la mejora en las condiciones de habitabilidad. Tal como se mostró anteriormente, cada ámbito sectorial

definido en el presente estudio estableció unas etapas o fases que dan cuenta del diseño de un desarrollo urbano o ciudad en diferentes momentos del tiempo teniendo en cuenta el avance hacia la sostenibilidad. En cada sector se consideran indicadores que muestran que, con una mejora de estos, se avanza de una ciudad con un estado inicial de sostenibilidad usualmente no muy alto, hacia una ciudad sensible en sostenibilidad en cada sector. Cabe resaltar que los indicadores evaluados en las etapas previas son de igual manera tomados en cuenta en la siguiente etapa del enfoque propuesto de manera acumulativa. De esta manera, la evaluación de la etapa final, en la que se alcanza una ciudad sensible en sostenibilidad, cubre todos los indicadores definidos desde las etapas tempranas. Esta estrategia se aplica a todos los sectores incluidos en este estudio, los cuales se detallan a continuación.

Los ecosistemas urbanos

Los territorios urbano-rurales son un mosaico de paisajes interrelacionados y complementarios, con diverso grado de transformación. En cada uno de estos, la prevalencia de la función ecológica o social, así como la relación entre ambas, está determinada por su ubicación, dimensión y características, consecuencia del grado de transformación. Es así como el territorio está conformado por paisajes cuya transformación ha sido leve y aún poseen sus condiciones naturales (áreas protegidas) y, por otra parte, paisajes completamente transformados, “artificiales”, en los cuales lo verde está determinado por el proceso de urbanización.

Se identifican, entonces, diferentes categorías de áreas verdes que interconectan el suelo urbano con el suelo rural, como se ilustra en la figura 3, las cuales cumplen diversas funciones sociales y ecológicas. En un extremo se ubican sectores urbanos consolidados, en los que se cumplen principalmente funciones sociales de la propiedad (vivienda, comercio, producción, circulación, etc.) y en los que las áreas verdes forman parte del espacio privado, en forma de elementos verdes en las edificaciones o jardines o patios. En el extremo opuesto se encuentran las áreas protegidas de carácter regional o nacional (parques naturales nacionales, reservas forestales, etc.), en estos prevalece la función ecológica del territorio. Estas dos categorías de espacios se articulan e interrelacionan a través de los espacios verdes urbanos, tanto de infraestructura verde como a través de las áreas protegidas urbanas.

Con el objetivo de equilibrar las funciones social y ecológica en los desarrollos urbanos se propone la gestión urbana hacia la “Ciudad sensible a los ecosistemas”. En la figura 4 se sintetiza la transición entre la ciudad con espacio público hasta lograr la ciudad social y ecológicamente segura y sostenible con sus respectivos indicadores. En tanto que la primera privilegia la funcionalidad social, la segunda incorpora de manera determinante la funcionalidad ecosistémica como factor de calidad de vida, sostenibilidad ambiental y resiliencia.

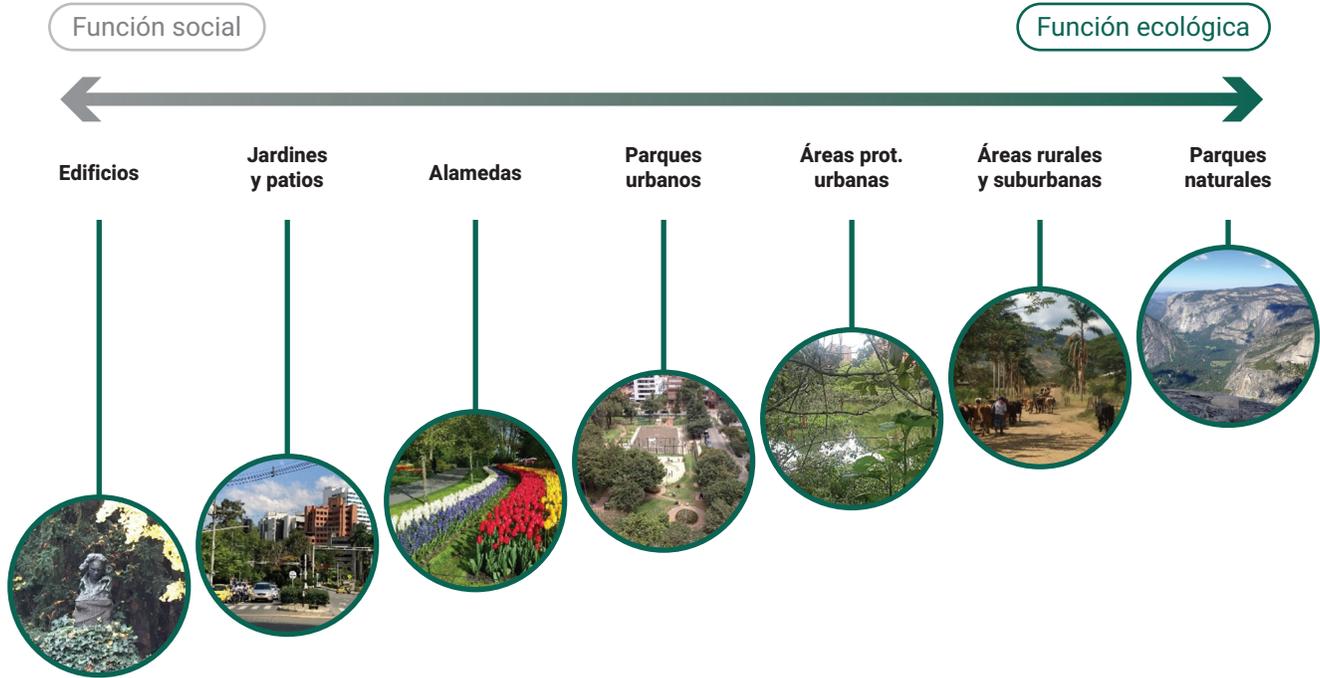


Figura 3. Categorías de áreas verdes urbanas en relación con su función social y ecológica

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 1, p. 5.



Figura 4. Ciudad sensible a los ecosistemas

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 4, p. 9.

Manejo integrado del agua

El concepto de ciudad sensible al agua surge como un enfoque de gestión que no solo satisface las necesidades de agua de una ciudad, sino que ofrece diferentes beneficios que mejoran su habitabilidad y resiliencia. En el marco de transición hacia una ciudad sensible al agua, cada etapa comprende un mayor nivel de avance en la gestión del recurso. De esta manera, la sostenibilidad en el manejo del agua aumenta a medida que se sobrepasan las etapas. La figura 5 presenta la evolución en el tiempo de la gestión del agua urbana en las ciudades que se proponen en este proyecto, con los indicadores asociados a cada etapa.



Figura 5. Transición hacia una ciudad sensible al agua

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 4, p. 11.

Suministro y uso de energía

La planeación de proyectos de vivienda y de ciudades desde el punto de vista energético en Colombia se ha enfocado principalmente en garantizar el acceso a los servicios públicos básicos, como electricidad y gas natural, y que estos servicios cumplan ciertos estándares de calidad en su suministro. Sin embargo, el paradigma de cómo se piensa una ciudad desde el punto de vista de este sector ha cambiado en todo el mundo debido a diferentes factores. Dentro de estos factores se encuentra el establecimiento de las energías limpias como una alternativa viable y costo-efectiva de generar energía de manera descentralizada a nivel urbano, las cuales, fuera de proveer un cierto nivel de autarquía energética, pueden verse como medidas de mitigación de emisiones y resiliencia energética. A su vez, la evolución de tecnologías de comunicación está jugando un papel importante en pensar la ciudad de manera más inteligente e interconectada. La visión de planeación urbana sensible a la energía considerando estos factores ha evolucionado, pues no solo se busca garantizar el acceso al servicio sino también darle un papel más activo al consumidor, que adopta el carácter de agente prosumidor, además, busca integrar diferentes sistemas de generación a lo largo y ancho de la ciudad entre sí y con otros servicios de la ciudad provistos desde otros sectores.

La visión de una ciudad con suministro limpio, eficiente y confiable de energía se presenta en la figura 6, con sus respectivos indicadores. Las diferentes etapas encapsulan los diferentes objetivos que se proponen lograr a nivel de la planeación urbana y la operación de una ciudad desde el punto de vista energético y los diferentes conceptos e instrumentos que comprenden estas etapas y que son fundamentales para su implementación y adopción.

Gestión de los residuos

El avance de una ciudad hacia el desarrollo sensible a la gestión integral de residuos se muestra en la figura 7, en este sentido se han definido cinco etapas acumulativas que se fundamentan en la jerarquía de la gestión de residuos sólidos incorporada en la Política Nacional para la Gestión Integral de residuos sólidos. Igualmente se muestran los indicadores asociados con cada etapa.



Figura 6. Visión de ciudad con suministro limpio, eficiente y confiable de energía

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 4, p. 15.



*RCD: Residuos de construcción y demolición.

Figura 7. Avance de la ciudad hacia la gestión integral de residuos

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 4, p. 17.

Movilidad sostenible

La planificación convencional del transporte ha tendido a favorecer la movilidad sobre la accesibilidad y a los modos privados de transporte sobre alternativas sostenibles. Bajo dicho enfoque, la evaluación de los proyectos de transporte ha estado centrada en aspectos como costos de infraestructura, tiempos de viaje, costos de operación de la flota y riesgos de siniestralidad. La omisión de otros factores, como equidad (en sus diferentes dimensiones, incluida la de género), impactos ambientales, salud y calidad de vida en el diseño, evaluación y priorización de soluciones de transporte, ha limitado la transición hacia un modelo de planificación integral.

Bajo el paradigma de movilidad sostenible se incentiva el diseño de soluciones para reducir las externalidades negativas del transporte, mediante la combinación de múltiples instrumentos y estrategias, entre las que se incluyen multimodalidad, instrumentos de mercado, políticas de crecimiento urbano inteligente (*smart cities*) y medidas de gestión de la demanda, entre otros.

Cuando las ciudades tienen sistemas de transporte ya implementados son grandes los retos que se imponen. Hacer cambios a la infraestructura de transporte o sustituir flotas vehiculares implica costos importantes, por esto el transporte se considera un sector de alta inercia. Se ha demostrado en la literatura sobre mitigación de emisiones GEE que los mayores costos de acción climática están asociados al sector transporte y entre más tarde se implementen las acciones serán mayores los costos que tendrán que asumirse.

La visión de planificación de movilidad urbana sostenible que se presenta en la figura 8, junto con los indicadores propuestos, se basa en el cambio de paradigma de transporte centrado en vehículos y movilidad al de sistemas enfocados en la accesibilidad de las personas a los servicios y comodidades que ofrecen las ciudades. Esta visión integra un rango más amplio de posibles soluciones para reducir las externalidades negativas asociadas al transporte urbano y considera las sinergias con otros componentes del desarrollo sostenible. Se vuelven relevantes opciones como mejorar la calidad de los servicios de transporte urbano de pasajeros e invertir en la calidad del entorno construido, reconociendo su rol en la promoción de la caminata y uso de la bicicleta. Además, la regulación sobre los usos del suelo cobra importancia y, bajo este enfoque, se reconoce que reducir la necesidad de los viajes motorizados es muchas veces la mejor solución para minimizar los impactos negativos del transporte.

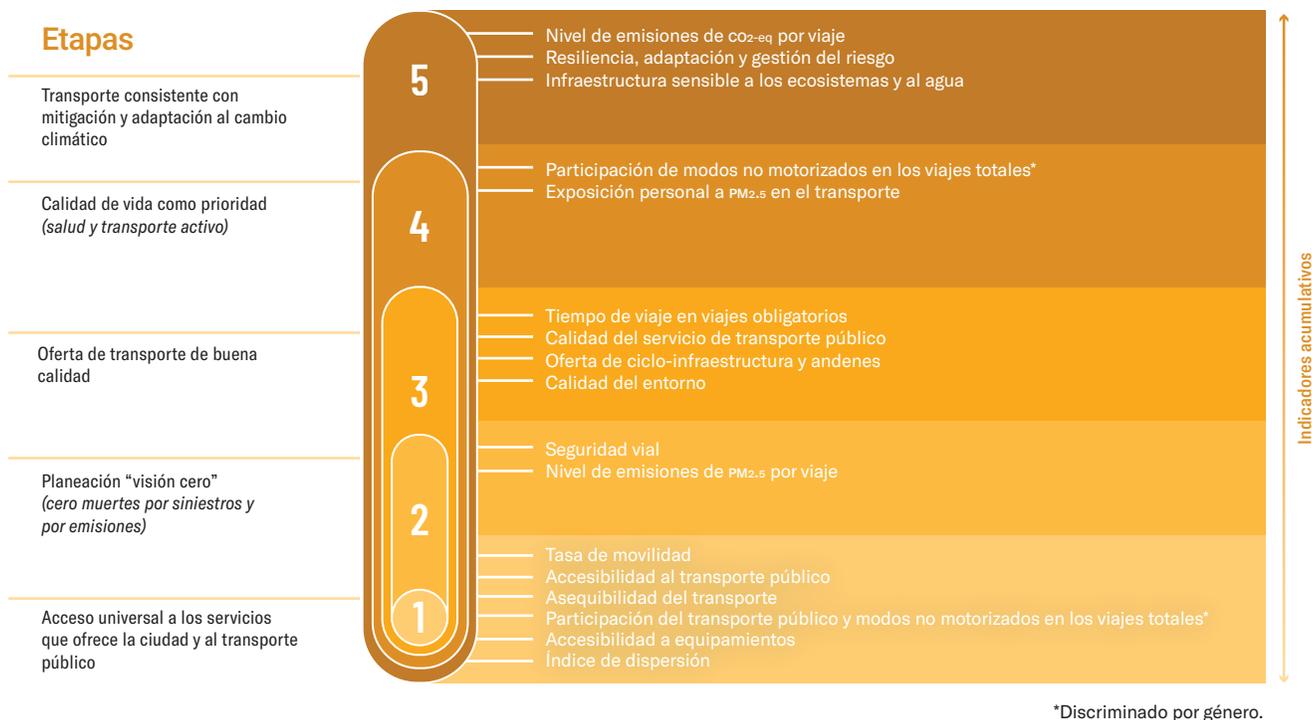


Figura 8. Visión de ciudad con movilidad urbana sostenible

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 4, p. 20.

Edificaciones e infraestructura urbana

La evaluación del proceso de planeación de ciudades desde el sector de edificaciones e infraestructura urbana establece un proceso evolutivo que parte de buscar ciudades con vivienda segura, evaluando las garantías de integralidad de las construcciones. Desde esta base se presenta un proceso escalonado que plantea la meta de llegar a ciudades con entornos construidos sostenibles. Esta visión de ciudad contempla seis etapas para el proceso de planeación (figura 9).

Con respecto al cumplimiento de cada una de las etapas presentadas, esta visión comprende dos escalas de análisis: edificaciones e infraestructura urbana. A nivel de edificación debe apuntarse al ideal de edificaciones de consumo casi nulo (nZEB, por sus siglas en inglés), que involucran tanto la energía utilizada durante la operación, como las nuevas aproximaciones que incluyen la energía asociada a los materiales y a la construcción. Adicionalmente, esta edificación, además de reducir sus impactos ambientales, cumple con altos estándares de confort y disminuye considerablemente el riesgo al que se está

expuesto. A escala urbana, una ciudad con entornos construidos sostenibles es un sistema que, con respecto a la infraestructura urbana, cuantifica y mitiga los impactos ambientales y asegura una excelente accesibilidad por parte de los individuos en relación a un portafolio de servicios.

En conclusión, y como se hizo evidente en este capítulo, una vez el tomador de decisiones o diseñador del sistema de indicadores defina los objetivos que desea considerar en el proceso de seguimiento y evaluación de los proyectos urbanísticos y de ciudades, deberá definir, en función de esos objetivos, las categorías o dimensiones de agrupación para los indicadores propuestos. Una característica fundamental en el diseño de sistemas de indicadores es la flexibilidad en su agrupación, de esta manera se logra definir un sistema jerárquico de indicadores que puede estar basado en los estándares reportados en la literatura especializada o basado en los propios criterios adoptados para la evaluación.

Una vez realizado el ejercicio de definición del sistema de indicadores que será empleado para el seguimiento y evaluación de los proyectos urbanísticos y ciudades debe seleccionarse una metodología que permita obtener una descripción concreta de la situación actual de los casos de estudio y así determinar las categorías y los correspondientes indicadores que requieren una atención prioritaria para la consecución de los objetivos propuestos. Posteriormente, y en orden de avanzar en dichos objetivos, se deben tomar medidas de acción o mejora y establecer un intervalo de tiempo en el cual los indicadores se vuelven a medir/estimar para realizar de nuevo el proceso de evaluación y poder analizar la evolución de dichas categorías e indicadores.

Como metodología utilizada para la evaluación del sistema de indicadores propuesto en el marco del presente estudio se utilizó el método de evaluación comprensiva difusa (Fuzzy Comprehensive Evaluation Method [FCEM, por sus siglas en inglés]) como alternativa de solución. El FCEM es un método cuantitativo de evaluación científica propuesto por Gao y Hailu (2012). Varios estudios han utilizado este método de evaluación en diferentes contextos.

El método de evaluación comprensiva difusa permite realizar una evaluación objetiva y comprensiva para diferentes contextos de aplicación permitiendo obtener una evaluación que involucra términos lingüísticos en su descripción, facilitando su interpretación para la toma de decisiones. Además, los diferentes estudios reportados en la literatura han demostrado la superioridad de este método respecto a otros utilizados para la toma de decisiones de problemas complejos, y, por lo tanto, se ha utilizado ampliamente en muchas áreas de estudio durante los últimos años.

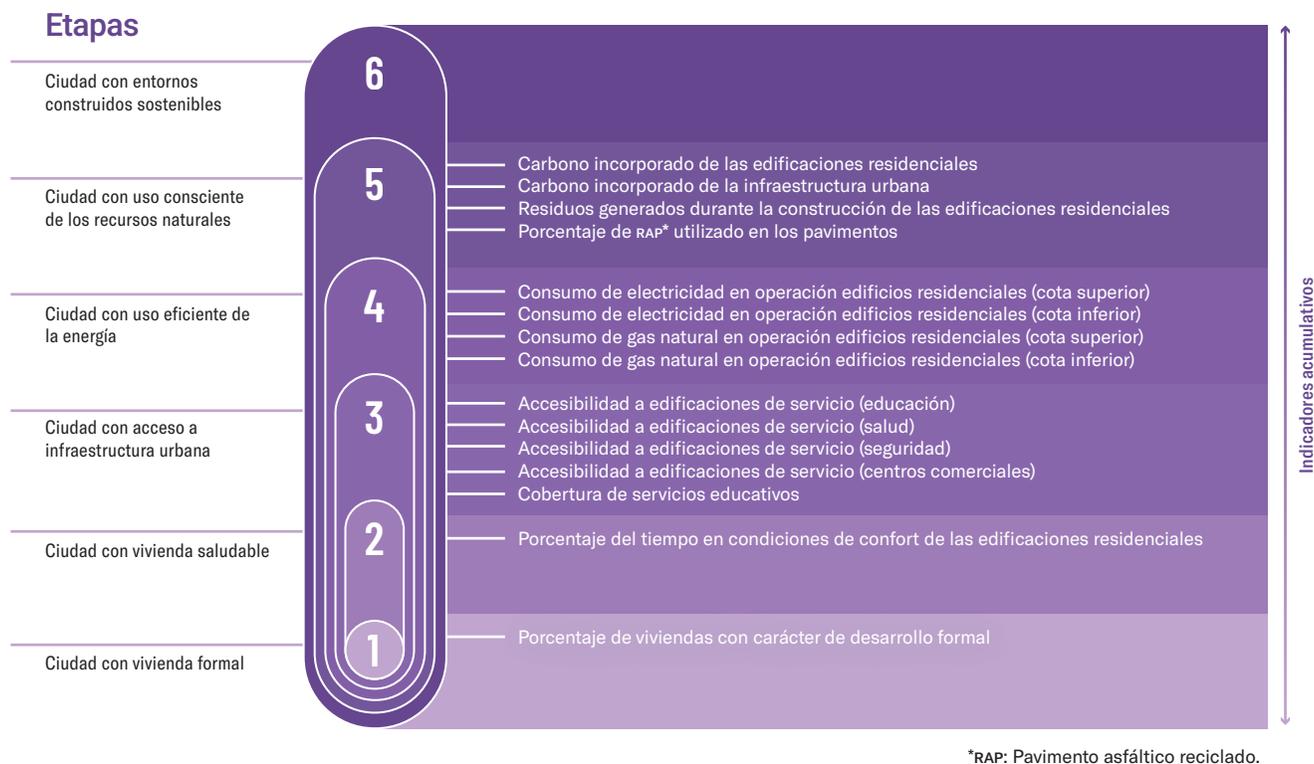


Figura 9. Proceso de planeación hacia una ciudad con entornos construidos sostenibles

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 4, p. 22.

Inventarios de emisiones

Los inventarios, la base del trabajo de evaluación de opciones de mitigación, pueden realizarse con varios objetivos (comparables con inventarios departamentales o nacionales o como base para reportar emisiones reducidas, por ejemplo, al Registro Nacional de Reducción de Emisiones de Gases Efecto Invernadero [Renare], o determinar las emisiones con un enfoque de análisis de ciclo de vida). Para el análisis a nivel del proyecto urbano, aplicable también a una ciudad, se emplean los siguientes lineamientos sobre la clasificación de las emisiones: (1) sector considerado en este proyecto; (2) fuente de emisión: actividad que genera las emisiones GEI; (3) etapa del ciclo de vida tales como construcción, operación y demolición; (4) proceso que genera las emisiones o la absorción de emisiones; y (5) límites del sistema de análisis, bien sea *in situ*, fuera del sitio o híbrido. En la tabla 4 se presentan las fuentes de emisión consideradas para el análisis.

A partir del inventario para un año seleccionado y mediante la definición de diferentes *drivers*, como la población o el PIB, se hace una estimación del comportamiento de las emisiones en el periodo de análisis. A partir de allí, se evalúan las opciones de mitigación seleccionadas en cada uno de los proyectos para evaluar la cantidad de reducción lograda y su costo-eficiencia. Como se ha mencionado, en algunos sectores se consideraron no solo opciones de mitigación, sino también de adaptación o mejora, las cuales se presentan en cada uno de los estudios de caso en los que aplican.

Las emisiones por cada proceso se estimaron siguiendo las metodologías del Panel Intergubernamental para el Cambio Climático (IPCC, por sus siglas en inglés) para inventarios de emisiones y, en los casos en que aplica, se utilizaron los factores de emisión adoptados por Colombia en el Segundo Reporte Bienal de Actualización ante la Comisión Marco de las Naciones Unidas sobre el Cambio Climático (CMNUCC-BURII). Las estimaciones sobre captura y almacenamiento de carbono, principalmente relacionadas con el sector de ecología urbana, también se calcularon siguiendo las directrices del IPCC. En este estudio no se abarcaron todas las fuentes de emisiones asociadas a los megaproyectos urbanos. No se incluyeron las emisiones GEI derivadas del consumo de bienes dentro de estos, las del transporte de carga, ni las relacionadas con la producción de alimentos.

Tabla 4. Fuentes de emisión consideradas para el análisis

Sector / (subsector)	Etapa del ciclo de vida del proyecto	Proceso de emisión/sumidero y actividad a la que se asocian las emisiones	Gases	Límites del sistema de análisis
Sector: ecología urbana				
Uso y cobertura del suelo	Operación	Captura de carbono en biomasa y suelo	CO ₂	<i>In situ</i> : captura de carbono en biomasa y suelo dentro del megaproyecto
Cambio de uso y cobertura del suelo				
Sector: manejo integrado del agua				
Tratamiento y distribución de agua potable (para uso residencial, comercial e institucional)	Construcción	Combustión + IPPU: producción de los materiales en la industria	CO ₂	<i>In situ</i> : transporte para instalación de redes de distribución dentro del megaproyecto de Ciudad Verde <i>Fuera del sitio</i> : producción de materiales
	Operación	Combustión: por generación de electricidad	CO ₂	<i>Fuera del sitio</i> : generación de electricidad para bombeo y potabilización
Cambio de uso y cobertura del suelo	Construcción	Combustión + IPPU: producción de los materiales en la industria	CO ₂	<i>In situ</i> : transporte para instalación de red para manejo de escorrentía. <i>Fuera del sitio</i> : producción de materiales
	Operación	Combustión: por generación de electricidad	CO ₂	<i>Fuera del sitio</i> : generación de electricidad para bombeo

Sector / (subsector)	Etapa del ciclo de vida del proyecto	Proceso de emisión/sumidero y actividad a la que se asocian las emisiones	Gases	Límites del sistema de análisis
Manejo de agua residual (proveniente de usos residencial, comercial e institucional)	Construcción	Combustión + IPPU: producción de los materiales en la industria	CO ₂	<i>In situ</i> : transporte para instalación de red para manejo de agua residual <i>Fuera del sitio</i> : producción de materiales
	Operación	Combustión: por generación de electricidad Procesos biológicos: descomposición de materia orgánica	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	<i>Fuera del sitio</i> : generación de electricidad para bombeo <i>Fuera del sitio</i> : descomposición de materia orgánica de aguas residuales
Sector: suministro y uso de energía				
Generación eléctrica descentralizada	Operación	Combustión: por generación de electricidad	CO ₂ (reducción)	<i>Fuera del sitio</i> : generación de electricidad
Producción de electricidad y calor conjunta	Operación	Combustión: por generación de electricidad y calor	CO ₂ (reducción)	<i>Fuera del sitio</i> : generación de electricidad y de calor
Alumbrado público	Operación	Combustión: por generación de electricidad	CO ₂	<i>Fuera del sitio</i> : generación de electricidad
Sector: manejo integrado de residuos				
Manejo de lodos de agua residual	Operación	Procesos biológicos: digestión anaerobia	CO ₂ *	<i>Fuera del sitio</i> : gestión de los lodos
Transporte de residuos al sitio de disposición final	Operación	Combustión: por uso de diésel	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	<i>Híbrido</i> : transporte de residuos sólidos domiciliarios, de barrido, de poda y de corte de césped que se generan en el megaproyecto y se disponen fuera de este
	Construcción	Combustión: por uso de diésel		<i>Híbrido</i> : transporte de residuos sólidos de demolición y construcción de la etapa inicial de construcción
Disposición final de residuos sólidos	Operación	Procesos biológicos: descomposición anaerobia Combustión de biogás	CH ₄ CO ₂ *	<i>Fuera del sitio</i> : descomposición de residuos sólidos generados en el megaproyecto, pero que se disponen fuera de este
Sector: movilidad sostenible				
Transporte urbano de pasajeros	Operación	Combustión: por uso de diésel, gasolina y gas natural	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	<i>Híbrido</i> : transporte de habitantes del proyecto. Los viajes tienen como origen o destino el megaproyecto, pero involucran áreas fuera de este
Sector: edificaciones e infraestructura urbana				
Edificaciones residenciales	Construcción	Combustión: extracción de materia prima / Combustión + IPPU: producción de los materiales en la industria / Combustión: energía consumida en obra / Combustión: transporte de materiales para la obra	CO ₂ CH ₄ N ₂ O	<i>Híbrido</i> : transporte de materiales hacia el megaproyecto <i>Fuera del sitio</i> : extracción y producción de materiales
	Operación	Combustión: por demanda de electricidad y gas natural (para uso residencial)		<i>In situ</i> : consumo de gas natural residencial <i>Fuera del sitio</i> : generación de electricidad
Infraestructura urbana	Construcción	Combustión: extracción de materia prima / Combustión + IPPU: producción de mezclas asfálticas / Combustión: de energía consumida en obra	CO ₂	<i>Fuera del sitio</i> : extracción y producción de materiales

Herramientas de evaluación

Como herramientas de evaluación de los indicadores y de posibles evoluciones de los proyectos urbanos hacia estados más sostenibles se usaron modelos sectoriales y se construyeron escenarios integradores de todos los sectores. Los modelos sirvieron para la construcción de la línea base, el análisis y la definición de acciones, para la evaluación de opciones de mitigación, reducción de la vulnerabilidad y mejora de la habitabilidad, y para la generación de escenarios. Una descripción detallada de todos los modelos presentados se encuentra en el informe final del estudio. En el capítulo anterior se expuso la metodología propuesta para el inventario de emisiones y la aplicación de los indicadores utilizados en los diferentes sectores según las etapas de avance hacia la sostenibilidad. Se señaló que para la integración y evaluación de sistemas de indicadores se empleó la metodología de evaluación comprensiva difusa.

Modelos

El propósito de los modelos es explicar o predecir algún fenómeno del “mundo real”. En los modelos asociados al diseño de ciudades, en general, los investigadores se han centrado en analizar cada uno de los sectores independientemente (salvo algunos análisis entre sectores). De esta manera, es más sencillo entender el comportamiento individual de cada sector debido a la experticia que se tiene de él. Sin embargo, el análisis independiente de cada uno limita las posibilidades de optimizar la operación.

Cada día hay una mayor interacción entre los diferentes sectores, los cuales están distribuidos y cuya información se transmite por medio de redes de información para su monitoreo y operación. Para poder interactuar de manera óptima entre los sectores se necesita que existan sinergias no solo en la parte técnica sino en otras dimensiones, como los ecosistemas urbanos. En la figura 10 se muestra el esquema general de modelación sectorial utilizado con las interrelaciones entre los diferentes sectores. En este caso, en cada uno de los sectores se tendrán diferentes compartimentos que modelarán la interacción que existe entre los elementos asociados en dicho sector, distinguiendo claramente los flujos de entrada, salida e internos. Los flujos de entrada y salida son aquellos que estarán afectados o afectarán otros sectores, logrando modelar la interacción general de todos los sectores.

En la tabla 5 se presenta la descripción de los modelos sectoriales utilizados. La modelación se realiza a nivel de sector, utilizando modelos de simulación, optimización o de contabilidad, los cuales, en su mayoría, son de código abierto.

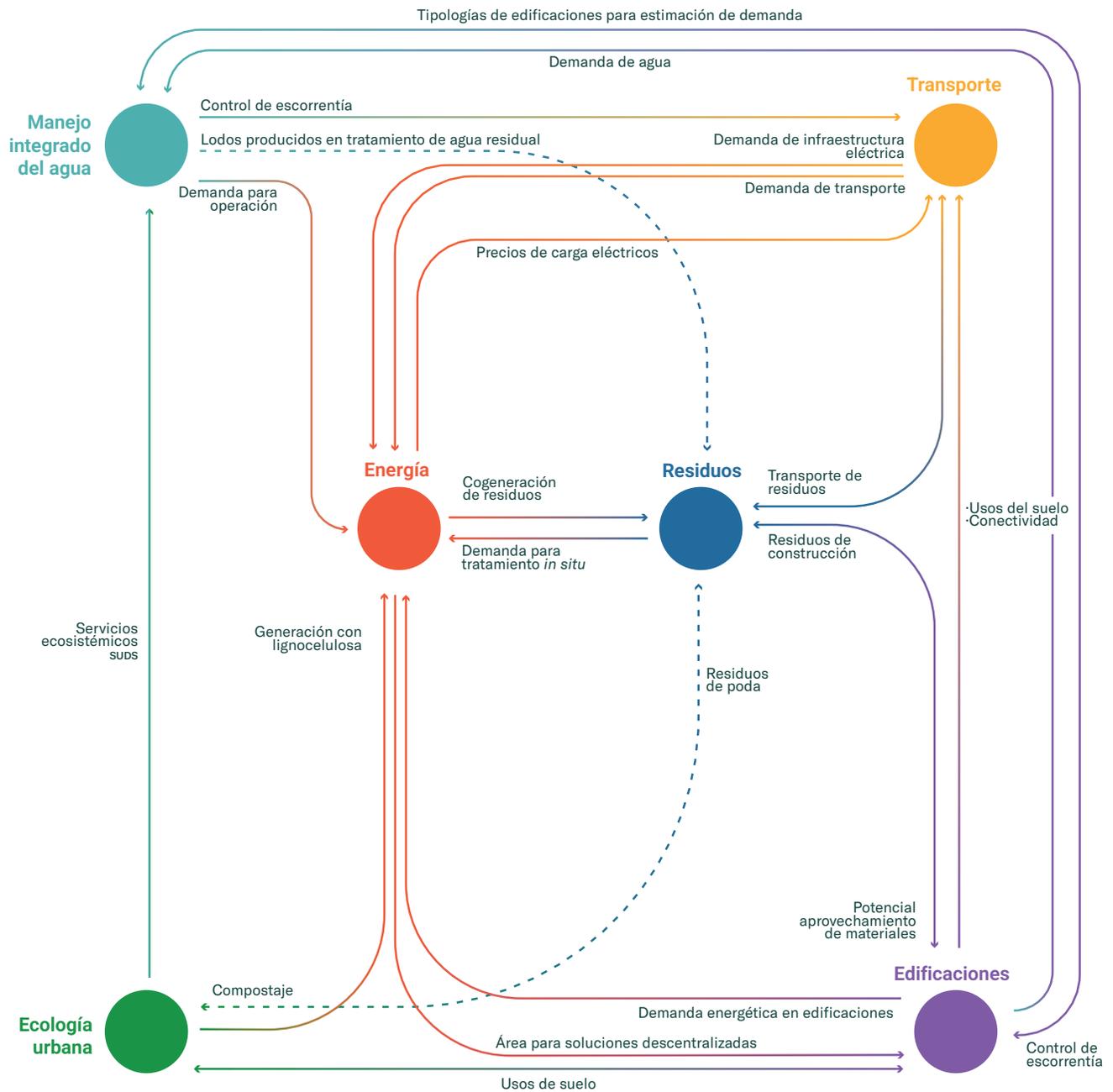


Figura 10. Esquema general de la interconexión de los diferentes sectores

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 3, p. 6.

Tabla 5. Modelos desarrollados o utilizados en cada sector

Sector	Modelo	Objetivo	Tipo de modelo	Software libre
Ecología urbana	SIG-ArcGIS	Modelo para análisis espaciales, geoprocesamiento de imágenes multiespectrales (estimación de temperatura superficial), estadísticas y correlaciones espaciales.	Simulación	No/Sí
	Integrated Valuation of Ecosystem Services and Tradeoffs (INVEST)	Modelo para cuantificar biofísica y económicamente servicios ecosistémicos proveídos por los diferentes espacios ambientales.	Simulación	Sí
Manejo integrado del agua	WaterMet	Modelo para cuantificación de flujos. Permite evaluar el consumo de agua potable, producción y tratamiento de agua residual, aprovechamiento de aguas lluvia y reúso de aguas grises.	Simulación	Sí
	Storm Water Management Model (SWMM)	Modelo hidrológico e hidráulico utilizado para simular la cantidad y la calidad de la escorrentía en áreas urbanas.	Simulación	Sí
	Sustainable Network Infrastructure Planning (SNIP)	Modelo para la estimación del grado óptimo de centralización del tratamiento de aguas residuales.	Optimización	Sí
Energía	System Advisor Model (SAM) de NREL (Librería de Python Calliope)	Modelo para análisis espaciales, geoprocesamiento de imágenes multiespectrales (estimación de temperatura superficial), estadísticas y correlaciones espaciales.	Simulación	No/Sí
Residuos	Modelo de desechos del IPCC	Modelo de cálculo de las emisiones de metano producidas por la descomposición de la materia orgánica en condiciones anaerobias en los sitios de disposición final de residuos sólidos.	Contabilidad	Sí
	WRATE	Modelo para análisis del ciclo de vida (AVC) sobre el sistema de recolección y tratamiento de residuos de interés, calculando seis indicadores, entre ellos, las emisiones de GEI. Con el enfoque de AVC se considera el impacto de las entradas al sistema de gestión (residuos, energía y materiales) y las salidas (materiales recuperados, compost, emisiones atmosféricas, agua residual, productos residuales).	Simulación	No
Transporte	Metronámica	Modelo para evaluación de los efectos de la implementación de diferentes políticas de planificación sobre el territorio.	Simulación	No
	Modelo Logit y encuestas con Maptionnaire	Modelo de selección modal, para modos no motorizados, teniendo en cuenta factores físicos ambientales y factores individuales.	Simulación	Sí
	Modelo contabilidad de emisiones	Modelo input-output, simulación de escenarios para análisis de emisiones de contaminantes locales y globales.	Simulación contabilidad	Formulación disponible

► Continúa

Sector	Modelo	Objetivo	Tipo de modelo	Software libre
Edificaciones	EnergyPlus	Modelo para analizar el consumo de energía en edificaciones para diferentes tipologías según su uso.	Simulación	Sí
	EnergyPlus y OpenStudio	Modelo de análisis del impacto del entorno construido y la dinámica entre edificaciones en el consumo energético de estas.	Simulación	Sí
	Metodología MACC	Modelos sobre la energía embebida asociada a ciertos materiales utilizados en construcción para diferentes tipos de edificación y según sistema constructivo y para desarrollar las curvas de costo marginal de abatimiento.	Contabilidad	Formulación disponible

Fuente: elaboración propia.

Herramienta de integración para las opciones de mitigación

La metodología propuesta y la herramienta desarrollada para integrar los resultados de la evaluación de las opciones de mitigación y mejora propuestas en los dos casos de estudio es la construcción de escenarios de mitigación y adaptación, los cuales se construyen considerando el grado de abatimiento, costo eficiencia de la medida, factibilidad de implementación, abatimiento de medidas que no superen un límite establecido para su realización y, finalmente, las opciones de adaptación. Estos escenarios pueden ser complementados con otros que el tomador de decisiones desee contemplar. Como resultado se estiman las emisiones para los distintos escenarios a partir de la línea base y la mitigación conjunta de las medidas. Para el conjunto de medidas analizadas se presenta su desempeño en cuanto a cobeneficios.

Se propone una herramienta en Excel con el objetivo de organizar las medidas de mitigación definidas por cada sector y analizar diferentes escenarios de mitigación y adaptación. El resultado de su implementación corresponde a un conjunto de escenarios para el periodo analizado, los cuales se construyen a partir de la agregación de medidas individualmente caracterizadas o de un paquete de medidas. Para la suma del abatimiento de cada una se consideran las posibles interacciones y conflictos que pueden presentarse con el fin de minimizar la incertidumbre sobre el abatimiento total de un conjunto de acciones de mitigación de emisiones implementadas. Por este motivo, la herramienta se basa en la identificación y calificación de estas posibles interacciones. Por otro lado, el análisis sectorial de las emisiones y las medidas de

Tabla 6. Clasificación principal de las medidas de mitigación y adaptación

Sector	Subsector	Clasificación de medidas
Ecología urbana	Cobertura del suelo	Restauración y consolidación de la infraestructura verde
Manejo integrado del agua	Manejo de la escorrentía	Sistemas urbanos de drenaje sostenible
	Suministro de agua	Reducción de pérdidas
Energía	Generación de energía	Energías descarbonizadas
Residuos	Gestión de residuos	Aprovechamiento de residuos
		Recolección de residuos
		Disposición final de residuos
	Consumo de energía	Reemplazo de combustibles
Movilidad	Uso del suelo	Diseño urbano
		Infraestructura de transporte
	Consumo de energía	Cambios en los patrones de comportamiento
		Reemplazo de combustibles
Infraestructura urbana	Consumo de agua	Equipos eficientes
		Sistemas de reúso y aprovechamiento
	Consumo de energía	Cambios en los patrones de comportamiento
		Eficiencia energética
		Nuevas tecnologías
	Procesos constructivos	Materiales
		Técnica de construcción

Fuente: elaboración propia.

mejora se realiza a partir de dos clasificaciones. Mediante la clasificación principal (véase la tabla 6) se diferencian sectores de actividad urbana y se propone una clasificación alterna acorde con lo propuesto por el IPCC. Una síntesis de la herramienta propuesta se presenta en la tabla 7.

Los parámetros generales que se ingresan a la herramienta desarrollada son: población, área, año inicial y final, tasa de descuento, divisa utilizada (por ejemplo, dólares del año 2019) y año base para el cálculo del valor presente. Se incluyen campos para adaptar el análisis de las medidas de acuerdo con criterios particulares, como el peso de los criterios para el análisis de factibilidad y adaptación, el valor máximo para las interacciones entre las medidas y el valor máximo de costo-eficiencia, los cuales se emplean para la definición de los escenarios. A su vez, si la mitigación producto de la implementación de la medida afecta emisiones de varios sectores deben indicarse los sectores afectados. Esta información es empleada en el análisis sectorial de los escenarios para atribuir el abatimiento o emisiones adicionales a los sectores correspondientes. Adicionalmente, si para una medida se establece el abatimiento en procesos que no tienen una relación directa con el área evaluada (por ejemplo, mitigación de emisiones asociadas con la manufactura de productos por aprovechamiento de residuos) se disponen campos adicionales para señalar dichos efectos.

Por otro lado, debe indicarse si el objetivo principal de la medida es mitigación y/o adaptación, así como el nivel de incertidumbre asociado con la cuantificación del desempeño y costos. Para la calificación de la incertidumbre se consideran las fuentes de información y los procesos de emisión y captura de carbono que se incluyeron en el análisis de estas. Los efectos de la medida se evalúan en torno a la mitigación, la adaptación y otros beneficios. Por este motivo, la información a ingresar incluye el abatimiento en términos de dióxido de carbono equivalente ($\text{CO}_2\text{-eq}$), cuatro indicadores para estimar la adaptación y la calificación de posibles cobeneficios en el sector social, económico y ambiental. Adicionalmente, para cada medida se califica la factibilidad y se ingresan costos y beneficios monetarios.

En referencia a la adaptación al cambio climático se incluyen cinco indicadores para analizar cuantitativamente la contribución de las medidas propuestas con el fin de incrementar la resiliencia frente a posibles problemas de desabastecimiento, inundaciones e incremento de la temperatura. De esta manera, se incluye el ahorro de agua potable y el uso adicional de fuentes alternativas de agua durante el periodo analizado, así como la reducción estimada del volumen de escorrentía durante este periodo. En cuanto a la temperatura puede reportarse de manera directa el efecto relacionado con la adaptación como una reducción esperada de la temperatura superficial o indirecta, a partir del incremento porcentual estimado en la evapotranspiración del área. Se presentan estas dos opciones debido a que el análisis de la temperatura depende de la información disponible y del efecto que se pueda cuantificar en una medida planteada.

En la herramienta se incluye el análisis cualitativo de cobeneficios u otros beneficios considerando que no todos los beneficios de la implementación de una medida pueden ser evaluados en términos monetarios. En este caso se identifican tres categorías, correspondientes a beneficios sociales, económicos y ambientales. A su vez, se incluyen beneficios que se consideran relevantes dada la escala de implementación de las medidas. La evaluación de los beneficios sociales incluye el impacto sobre el empleo, la

Tabla 7. Síntesis de la herramienta desarrollada para analizar diferentes escenarios de mitigación y adaptación

1. Datos y pasos preliminares		
Ingresar	Parámetros iniciales	Población, área, periodo de análisis, TD, pesos, año base
Ir a hoja	Ingreso de datos	Línea base
		Medidas/acciones
		Paquetes de medidas
	Resultados (tablas)	
Resultados (gráficas)		

2. Línea base			
Clasificación 1		Clasificación alternativa	
Sector	Subsector	Sector	Subsector
Agua	Manejo escorrentia	Energía	Producción de energía
	Suministro de agua		Demanda de energía
	Manejo aguas residuales	IPPU	IPPU
Ecología urbana	Cobertura del suelo	AFOLU	AFOLU
Infraestructura urbana	Consumo de agua	Residuos	Residuos sólidos
	Consumo de energía		Agua residual
	Procesos constructivos		
Energía	Generación de energía		
Residuos	Gestión de residuos		
	Consumo de energía		
Movilidad	Uso del suelo		
	Consumo de energía		

3. Ingreso de datos medidas/acciones y paquetes propuestos	
Generalidades	
Desempeño	
Cobeneficios/otros beneficios	
Costos y beneficios	
Factibilidad	
Interacciones	
Conflictos	

4. Resultados		
Escenarios		
Potenciales mitigación		
Escenarios sectoriales		
Mitigación adicional (CA)		
Costos escenarios		
Escenarios adaptación		
Otros beneficios		
Tipo de medida (mitigación y/o adaptación)		
Incertidumbre		
Factibilidad		

5. Resultados (gráficas)		
Emisiones línea base		
Escenarios de mitigación		
Participación emisiones línea base		
Escenarios sectoriales		
Escenarios adaptación		
Mitigación adicional		
VPN escenarios		
Otros beneficios		
Incertidumbre		
Tipo de medida (mitigación y/o adaptación)		
Factibilidad		

6. Criterios		
Calificación	Significado	Descripción
Factibilidad		
Incertidumbre		
Interacciones		
Conflictos		

Fuente: elaboración propia.

pobreza, la salud, la educación, la seguridad alimentaria, la equidad y el confort. Para los beneficios económicos se considera el impacto sobre el crecimiento económico, la producción y la oferta de recursos naturales. Los beneficios ambientales incluyen los impactos en la biodiversidad, el ruido, el suelo, la calidad del aire y la calidad del agua. El análisis sobre los cobeneficios incluidos puede establecerse a partir de distintos indicadores y traducirse en términos cualitativos (por ejemplo, muy positivo o negativo).

La valoración de la factibilidad se realiza a partir de cuatro tipos de factibilidad. Para la factibilidad técnica, regulatoria y social, una calificación alta depende de la existencia de elementos en el contexto local que faciliten la implementación de la medida y contribuyan a su éxito. En cuanto a la factibilidad financiera, esta se centra en el costo por tonelada abatida.

Para definir escenarios y cuantificar el abatimiento se parte de un análisis de los portafolios de medidas para encontrar aquellas que se traslapan o que se refuerzan. Dos medidas pueden presentar una relación de traslapo y/o refuerzo si involucran las mismas fuentes o sumideros de carbono. En el caso de un traslapo, la suma del efecto de implementar las medidas en conjunto es menor que la suma de implementar las medidas de manera separada. En contraste, si hay refuerzo, el efecto combinado de implementar las medidas en conjunto es mayor. En la matriz de relaciones se comparan las medidas y se asigna una calificación cualitativa de acuerdo con la intensidad del traslapo y/o refuerzo. En la matriz de conflictos se señalan medidas que no pueden implementarse de manera simultánea.

Para los diferentes escenarios se selecciona un conjunto de medidas que no pertenezcan al mismo portafolio y que no presenten conflictos. Se determinan diferentes escenarios considerando: (1) mayor abatimiento, (2) menor costo por tonelada abatida, (3) mayor factibilidad, (4) mayor abatimiento con medidas cuyo valor de costo-eficiencia no sea mayor a un límite establecido, y (5) mayor adaptación. Se pueden definir escenarios adicionales que consideren el criterio del decisor. Como resultado se estiman las emisiones para los distintos escenarios a partir de la línea base y la mitigación conjunta de las medidas. Para el conjunto de medidas analizadas se presenta su desempeño en cuanto a adaptación y cobeneficios. A su vez, se resumen las características de las medidas en referencia al tipo de medida predominante, la incertidumbre en la estimación del desempeño y la factibilidad de estas.

Casos de estudio

Los proyectos seleccionados como casos de estudio son Ciudad Verde, ubicado en el municipio de Soacha, y Lagos de Torca, ubicado en el distrito capital. En el primer caso, Ciudad Verde, se adelantaron reuniones con grupos focales y se diseñó y aplicó una encuesta cuyos principales resultados se utilizan más adelante. En el segundo caso, Lagos de Torca, la información fue allegada por la administración y confirmada mediante una visita al sitio y una serie de reuniones con los expertos y encargados de este desarrollo, ya que el proyecto está en etapa de planeamiento. En el mapa 1 se presenta la ubicación de los dos proyectos y se muestran las áreas de intervención y su comparación con respecto al área del parque Simón Bolívar.

Tanto Ciudad Verde como Lagos de Torca representan dos formas nuevas, y distintas entre sí, de hacer ciudad. Aunque compartan algunos principios es necesario distinguir sus rasgos característicos, como son los modelos y las concepciones de desarrollo urbano de cada uno, para poder verificar aprendizajes e innovaciones. Las características generales de ambos proyectos se muestran en la tabla 8.

Tabla 8. Características generales de los dos casos de estudio

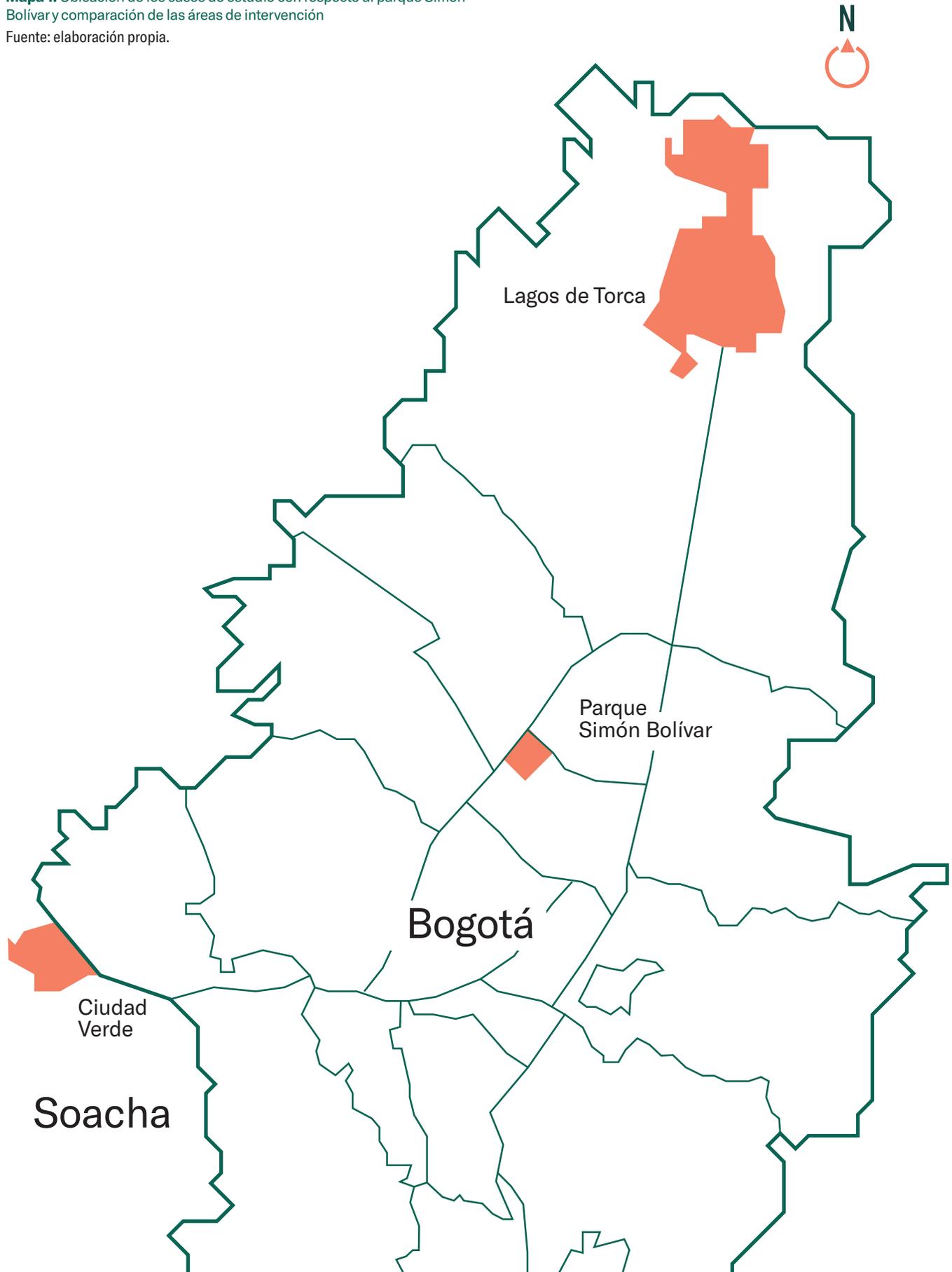
Ciudad Verde	Lagos de Torca
319,46 ha	1801,47 ha
51 616 unidades residenciales	121 937 unidades residenciales
158 461 habitantes proyectados	374 346 habitantes proyectados

Fuente: elaboración propia.

Lagos de Torca muestra una estructura espacial general formada por predios afectados por la estructura ambiental y la Autopista Norte, un desarrollo de escala considerablemente mayor a Ciudad Verde (1802 vs. 320 hectáreas; 122 000 vs. 52 000 viviendas). Lagos de Torca aporta no solamente complejidades derivadas de su estructura ambiental, que no existían en Ciudad Verde, sino exigencias de integración más complejas: número de predios, propietarios, preexistencia de instituciones y presencia del eje de la Autopista Norte, entre otros aspectos. En Ciudad Verde, las decisiones de estructura urbana, normas, cargas y beneficios se tomaron en un solo momento por parte de los desarrolladores y el sector público de nivel nacional a través del mvct, procedimiento que no incluía consulta con entidad ambiental. A través de sus procesos de planeación y tramitación es visible que en Ciudad Verde se utilizó un único plan urbanístico maestro aprobado en única instancia bajo la figura de macroproyecto de vivienda de interés social. En Lagos de Torca, por el contrario, es necesario aplicar los

Mapa 1. Ubicación de los casos de estudio con respecto al parque Simón Bolívar y comparación de las áreas de intervención

Fuente: elaboración propia.



lineamientos del Plan de Ordenamiento Zonal (POZ) Norte mediante la implementación de 34 planes parciales. Esto implica desarrollar predios heterogéneos entre catorce y 72 hectáreas que, posteriormente, deben pasar por la fase de unidades de gestión urbanística y licencia de urbanismo. Es de destacar que mientras que en Ciudad Verde el proceso de adopción de la normatividad tomó cerca de dos años, en Lagos de Torca transcurrieron siete años desde el POZ Norte hasta la reformulación del proyecto. Sin duda, la fragmentación y secuencia de desarrollo es uno de los desafíos de Lagos de Torca en contraste con Ciudad Verde, donde se contaba con un territorio homogéneo y no fraccionado.

En este sentido, es notable el propósito de combinar un espectro más amplio de tipos de vivienda. Mientras en Ciudad Verde se manejaron esencialmente VIS y VIP, en Lagos de Torca se ha exigido un mínimo de 40 % de estas dos categorías y se han empezado a comercializar planes con notable participación de los estratos 4, 5 y 6. En cuanto al desarrollo de elementos de espacio público debe advertirse que en Lagos de Torca se plantean corredores de ciclorrutas y senderos peatonales de características y proporciones considerablemente superiores a los de Ciudad Verde.

Por otra parte, es importante señalar los distintos horizontes temporales de desarrollo. En Ciudad Verde se están concluyendo programas finales de vivienda, faltando aún importante infraestructura de servicios y comercio, completándose ya cerca de diez años de proceso, y es de esperarse que Lagos de Torca, que lleva aproximadamente dos años desde el inicio de su estructuración, se tome un plazo mayor al que ha registrado Ciudad Verde para su pleno desarrollo.

Son notables las diferencias del modelo de manejo de la promoción y el desarrollo. La construcción de la infraestructura en Ciudad Verde fue desarrollada por los inversionistas privados y en Lagos de Torca resultará de la aplicación de recursos financieros frescos provenientes del fideicomiso de derechos de edificabilidad que se adquieren invirtiendo recursos públicos y privados. En Ciudad Verde se contó con dos importantes aportes por medio de la aplicación de la plusvalía para desarrollo de la infraestructura vial y el aporte del Gobierno nacional para las vías de acceso y conexión con el sistema regional.

En Ciudad Verde se utilizó el modelo de fiducia para garantizarles a los propietarios del suelo el pago de su participación en el desarrollo. A partir de la generación de plusvalía por la modificación de norma urbanística, los inversionistas en Lagos de Torca aportan en efectivo adquiriendo derechos de edificabilidad, con base en las atribuciones que se tienen mediante los planes parciales y la intervención del fideicomiso para administrar el suelo y el desarrollo de las infraestructuras. El fideicomiso en Ciudad Verde era exclusivamente privado, mientras que en Lagos de Torca tiene asiento la administración de la ciudad en los procesos de planeación y gestión de desarrollo, entonces el fideicomiso actúa como coordinador de entidades públicas de servicios con los desarrolladores privados. La administración distrital tiene dos puestos en el comité fiduciario a través del delegado del alcalde y del secretario de Planeación Distrital, con capacidad de veto, una figura compleja que está operando. Las entidades públicas son las receptoras de las obras, pero los riesgos de estas los asumen los desarrolladores privados.

Respecto de los equipamientos, mientras que en Ciudad Verde se contaba con un plan general que establecía en forma general ubicaciones y escala de estos servicios, en Lagos de Torca es muy difícil seguir el proceso de formulación y desarrollo de las unidades de infraestructura de equipamientos por estar disgregadas en un largo número de planes parciales, muchos de los cuales están en estado embrionario.

En el área actual de Lagos de Torca existen actualmente equipamientos educativos de escala metropolitana, clubes deportivos y recreacionales y otros servicios, como parques cementerios, que conforman un panorama complejo para insertar en el desarrollo del proyecto. Está, además, la dispersión de equipamientos en distintos planes parciales que no controla ningún agente respecto a secuencia y temporalidad. Puede ocurrir de nuevo lo registrado en Ciudad Verde como asunto derivado no de la norma y cesión de suelo, sino de la gestión de equipamientos para generar verdadera compatibilidad entre el desarrollo de vivienda y la disponibilidad de servicios sociales.

A partir de elementos mencionados en el poz Norte se hacen en Lagos de Torca planteamientos relevantes respecto de los equipamientos y el sistema de espacio público que no está claro cómo conseguir:

- Consolidar una estructura urbana de soporte adecuada y calificada, con el fin de ofrecer cobertura integral de servicios sociales para la futura población.
- Facilitar la gestión eficiente del suelo para la localización de equipamientos públicos y privados.
- Promover el uso eficiente del suelo destinado a equipamiento comunal público, generando condiciones para mezclar varios tipos de equipamiento y usos complementarios.
- Generar una red de espacios públicos que responda a las necesidades urbanas colectivas de la población proyectada para el borde norte de la ciudad.
- Garantizar un equilibrio entre densidades poblacionales y espacios públicos.

Esta intención es valiosa tomando en cuenta la condición de rezago en estas estructuras que es evidente hoy en Ciudad Verde. Al considerar sus formas de promoción y gestión, los dos casos presentan diferentes situaciones de gobernanza. En Ciudad Verde continúa siendo unificada la acción del promotor inicial sobre diversos aspectos del desarrollo en proceso y, aún, de su operación. En Lagos de Torca, este aspecto podrá demostrar una variedad de concepciones y mecanismos de manejo derivadas de la diversidad inicial.

Ciudad Verde

Ciudad Verde es el primer y único macroproyecto de iniciativa privada en el país. Su construcción, en el municipio de Soacha, comenzó en el 2010. Se planeó la construcción de 51 616 unidades de vivienda (17 020 VIP⁸ + 34 596 VIS [VIS+TOPE VIS]) en siete etapas. Para el año 2019 se habían construido 40 535 unidades residenciales. La finalización de la construcción de vivienda se estima para el año 2023. En la fotografía 1 se muestra un aspecto general de este macroproyecto.

Este proyecto se ha convertido en referente local e internacional por su ritmo de ventas y ocupación. Ante la extensa serie de trámites de permisos y largos procesos de maduración de proyectos, la Ley 1151 del 2007 del Plan Nacional de Desarrollo estableció la figura de los macroproyectos de interés social nacional (MISN), que fueron reglamentados por el Decreto 4260 del 2007, del entonces Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial, reglamentando su trámite de anuncio, formulación y adopción. La figura del macroproyecto permitió obviar trámites comunes en proyectos convencionales, incluyendo la aprobación municipal. Ciudad Verde tiene un índice de construcción de dos sobre área útil y cuatrocientas viviendas por hectárea y un promedio de tres habitantes por vivienda. Por contraste, en el contiguo proyecto Hogares Soacha de Compensar se tienen índices de construcción de cuatro, en un proyecto desarrollado por una única constructora.

Ciudad Verde ofrece una experiencia única para documentar y analizar aspectos de su concepción, desarrollo y operación como parte de una línea base, y de una estimación de indicadores de desempeño en materia urbanística y ambiental. Esta experiencia puede mejorarse para futuras etapas mediante la identificación de opciones de mitigación, adaptación y mejora. Como resultado del estudio realizado se señalan aprendizajes para otras iniciativas de urbanización y vivienda a gran escala.

La caracterización de Ciudad Verde, mediante métodos cuantitativos y cualitativos, muestra que el proceso de urbanización ha fallado en la provisión y coordinación entre la oferta de vivienda y aquella de servicios e infraestructura pública, afectando la calidad de vida de los habitantes del macroproyecto en distintos aspectos, como la accesibilidad a equipamientos colectivos y mayores tiempos y costos de viaje.

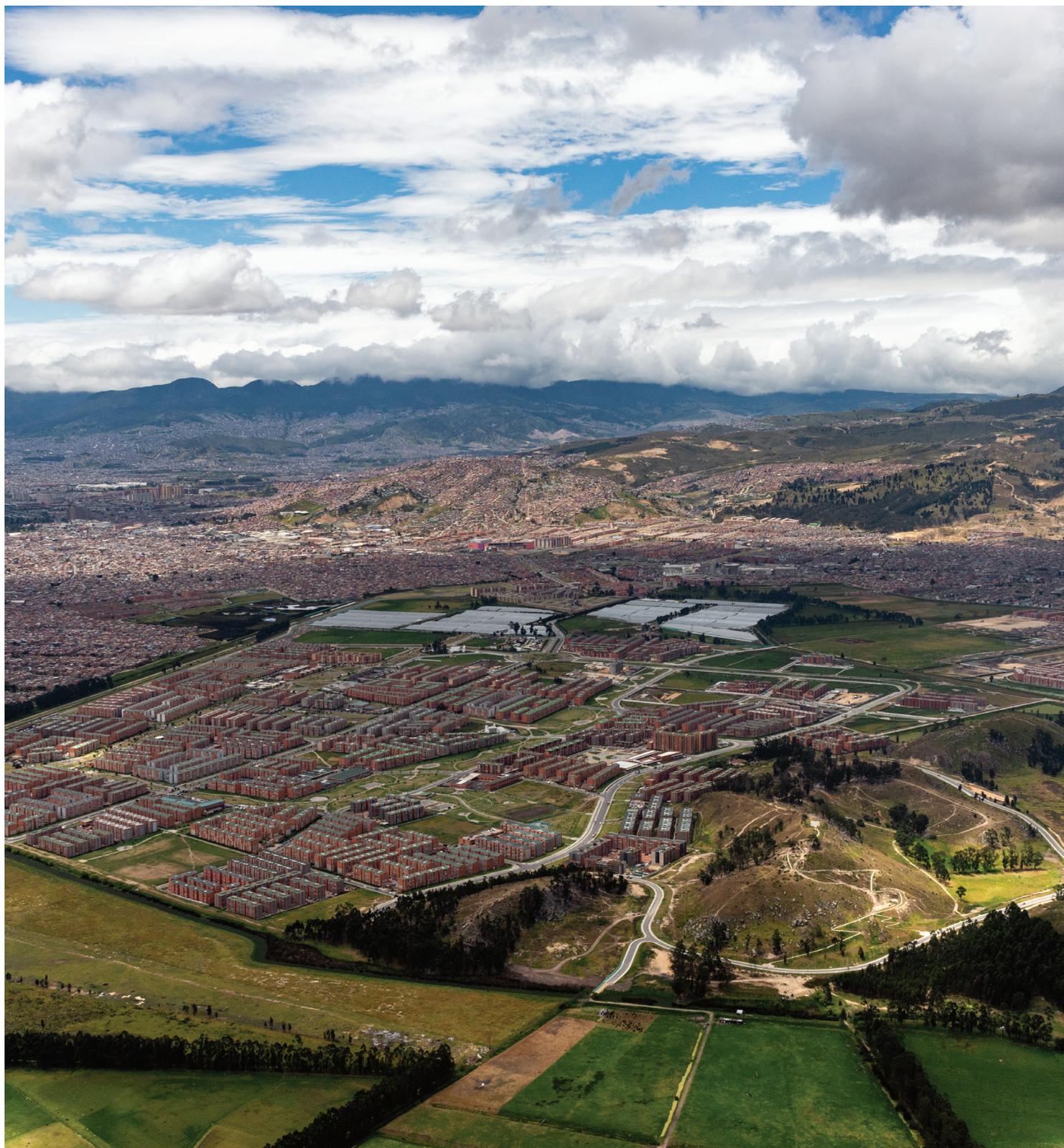
Los resultados de la fase de campo de este proyecto y otros estudios locales muestran diferencias importantes entre lo planeado y lo que se ha logrado después de diez años. Se evidencia un déficit en los equipamientos, pues solo se ha desarrollado el 14 % de lo planeado. Hay un déficit de cupos para la población en edad escolar (0-19 años) del 43,23 %, sin embargo, los constructores fueron escogidos por sus opciones de arquitectura de viviendas y su aporte al componente educativo. En cuanto a equipamientos de salud, el déficit es total, aunque actualmente se encuentra en construcción un

⁸ Acorde con la definición del Ministerio de Vivienda, la vivienda de interés social (VIS) es aquella cuyo valor máximo es de 135 salarios mínimos legales mensuales vigentes (135 SMLM). La vivienda de interés prioritario (VIP) es aquella cuyo valor máximo es de setenta SMLM.

hospital de nivel III. En cuanto a equipamientos destinados para el abastecimiento de víveres y centros de emergencia, hasta el momento no existe ninguno. Respecto a equipamientos de seguridad, la urbanización cuenta con una estación y comisaría de policía y un comando de atención inmediata (CAI) que, según los habitantes, no se encuentran completamente operativos.

Adicionalmente, es importante destacar que el comercio se concentró en limitados puntos, lo que ha estimulado el comercio informal de calle y ventas en primeros pisos de las viviendas. Respecto al sistema vial, algunas alamedas tienen tráfico peatonal y ciclorrutas. En general, para promover el desarrollo de equipamientos, estos se han venido desarrollando sobre suelo entregado como sesión al municipio.

También existe un problema de conectividad entre el macroproyecto y Soacha y Bogotá. Este es uno de los principales problemas percibidos por la población de esta ciudadela. Ciudad Verde solo cuenta con acceso a través de la conexión que existe entre la Autopista Sur y la Avenida Terreros, por la falta, entre otros, de desarrollo de la Avenida Ciudad de Cali, desencadenando condiciones críticas de congestión para entrar o salir de la urbanización. En cuanto a la oferta de transporte público, Ciudad Verde, y Soacha, en general, solo tienen acceso a dos estaciones de Transmilenio, San Mateo y Terreros, ambas a tres kilómetros de la ciudadela. Este déficit lo suple una oferta de buses privados y transporte informal que alimentan al sistema de Transmilenio, a un costo que supera el del servicio de transporte público. La baja oferta de oportunidades, entendidas como el acceso a trabajo, estudio, comercio formal, recreación y cultura, dentro de la ciudadela ha generado alta dependencia con Bogotá, para suplir este déficit.



Fotografía 1. Ciudad Verde en Soacha

Fuente: <https://amarilo.com.co/blog/especial/ciudad-verde-un-caso-de-exito/>

Línea base de Ciudad Verde: evaluación de indicadores

En la tabla 9 se presenta la línea base de Ciudad Verde incluyendo el cálculo de los diferentes indicadores.

Tabla 9. Línea base de Ciudad Verde

Sector	Indicadores	Valores de Ciudad Verde	
Ecología urbana	Área verde pública total por habitante	5,99 m ² /hab	
	Área verde protegida (EEP)	9 %	
	Área de espacios públicos de infraestructura verde por habitante	3,77 m ² /hab	
	Área de espacios verdes privados	278 400 m ²	
	Accesibilidad social	Parques zonales	100 % ≤ 300 m
		Parques metropolitanos	100 % ≤ 2 km
	Conectividad (ecológica)	Débil	
	Naturalidad	45,84 %	
	Captura de CO ₂	343,73 tCO ₂ /año	
Islas de calor	9,1 °C		
Manejo integrado del agua	Consumo promedio de agua potable por habitante	54,77 litros/habitante/día	
	Agua aprovechada y reutilizada a nivel residencial	20,97 %	
	Cumplimiento de la calidad requerida del agua	93,14 %	
	Asequibilidad del servicio de agua potable y alcantarillado	Estrato 1 = -2,71 ^{AR} , -5,62 ^{NAR} en %	
		Estrato 3 = -69,09 ^{AR} , 13,05 ^{NAR} en %	
	Razón entre el porcentaje de escorrentía descargada antes y después de la urbanización	1,47	
	Agua residual tratada al nivel de calidad requerido	0,00 %	
	Emissiones de CO ₂ -eq por la gestión del agua urbana	0,00074 tCO ₂ -eq/m ³ /año	
	Conciencia pública	78,74 %	
	Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento	Muy alto	
	Calidad del cuerpo de agua receptor	36,17 %	
	Uso multifuncional de la infraestructura verde para el manejo de la escorrentía	Muy bajo	
Confiabilidad del sistema de drenaje	TR5D6 = 99,62 %		
	Periodo extendido = 99,67 %		
Suministro y uso de energía	Accesibilidad al servicio	Electricidad = 100 %	
		Gas natural/GLP = 100 %	
	Asequibilidad del servicio	Electricidad = 19,66 %	
		Gas natural = 13,56 %	

► Continúa

Sector	Indicadores	Valores de Ciudad Verde
Suministro y uso de energía	Emissiones de CO ₂ -eq por consumo de energía	0,72 ton CO ₂ -eq/hogar-año
	Frecuencia promedio de interrupciones en el servicio de electricidad	6,5 horas/hogar
	Duración promedio de interrupciones en el servicio de electricidad	8,9 interrupciones/hogar
	Accesibilidad a medición inteligente	0 %
	Grado de adopción de medición inteligente por parte de hogares	Muy malo
	Políticas locales orientadas a programas de eficiencia energética y gestión de la demanda	Muy malo
	Autosuficiencia de energía eléctrica a través de recursos de energía distribuidos	0 %
	Autosuficiencia de energía térmica a través de recursos de energía distribuidos	0 %
	Porcentaje de sistemas de gestión de energía inteligente en prosumidores	0 %
	Interconectividad de sistemas de energía	Muy malo
	Interoperabilidad	Muy malo
Manejo integral de residuos	Asequibilidad del servicio de aseo	0,95 %
	Nivel de cumplimiento de los derechos laborales	18,3 %
	Cobertura de recolección domiciliaria de residuos sólidos	100 %
	Porcentaje de residuos dispuestos adecuadamente	100 %
	Cobertura de recolección diferenciada de residuos sólidos	0 %
	Porcentaje de residuos domiciliarios aprovechados	16,4 %
	Porcentaje de RCD generados en la construcción que son aprovechados	34,7 %
	Generación de residuos domiciliarios per cápita	200 kg/hab/año
	Desperdicio evitable de alimentos per cápita	32 kg/hab/año
	Emissiones de CO ₂ -eq por gestión de residuos	0,046 tCO ₂ -eq/hab/año
Movilidad sostenible	Nivel de emisiones de dióxido de carbono equivalente por viaje	417,40 gCO ₂ -eq/viaje
	Nivel de emisiones de material particulado fino por viaje	0,0376 gPM _{2.5} /viaje
	Accesibilidad al transporte público local (oferta)	6,79 %
	Accesibilidad al transporte público masivo (oferta)	0 %
	Accesibilidad al transporte (demanda)	538 m
	Exposición personal a material particulado fino en transporte	180 ug/m ³
	Asequibilidad del transporte	18,9 %
	Tiempo de viaje en viajes obligatorios	93,19 minutos
	Participación del transporte público en los viajes totales	63,65 %
	Participación de modos no motorizados en los viajes totales	23,93 %
	Infraestructura para uso de bicicleta	7,79 km/100 000 hab
	Tasa de movilidad	1,63 viajes/habitante

Sector	Indicadores	Valores de Ciudad Verde
Movilidad sostenible	Autocontención	24,5 %
	Calidad del transporte público	2,61/5
	Calidad del entorno urbano	3,26/5
	Accesibilidad a equipamientos (salud)	3,5 %
	Accesibilidad a equipamientos (colegios)	92,0 %
	Accesibilidad a equipamientos (universidades)	0,3 %
Infraestructura urbana	Accesibilidad a edificaciones de servicio (salud)	2791 m
	Accesibilidad a edificaciones de servicio (seguridad)	570,21 m
	Accesibilidad a edificaciones de servicio (centros comerciales)	436,79 m
	Cobertura de servicios educativos	49,01 %
	Consumo de electricidad durante la operación de las edificaciones residenciales	1349,36 kWh/und-año
	Consumo de gas natural durante la operación de las edificaciones residenciales	214,52 m ³ /und-año
	Carbono incorporado de las edificaciones residenciales	227,98 kgCO ₂ -eq/m ²
	Carbono incorporado de la infraestructura urbana	10,11 kgCO ₂ -eq/m ²
	Residuos generados durante la construcción de las edificaciones residenciales	0,116 m ³ /m ²
	Porcentaje de RAP utilizado en los pavimentos	0 %
	Accesibilidad a edificaciones de servicio (salud)	2791,0 m
	Accesibilidad a edificaciones de servicio (seguridad)	570,21 m
	Accesibilidad a edificaciones de servicio (centros comerciales)	436,79 m

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del *Informe final*, cap. 6, sec. 6.1.

AR = considerando el arriendo/cuota de hipoteca; NAR = excluyendo el arriendo/cuota de hipoteca;
TR5 = periodo de retorno de cinco años; D6 = duración de seis horas

De manera general puede decirse que la gestión de recursos y residuos cumple algunos estándares nacionales e internacionales. A continuación se listan los principales hallazgos críticos en la evaluación de los indicadores de Ciudad Verde:

- El proyecto cuenta con el equivalente a 5,99 m² de área verde pública por habitante, lo que se encuentra por debajo de los 10 a 15 m² por habitante recomendados por la Organización Mundial de la Salud (OMS).
- La captura de CO₂ se considera “mala” debido a la baja cobertura arbórea.
- La diferencia en la temperatura superficial, que se relaciona principalmente con la falta de cobertura vegetal, y con los materiales utilizados para las construcciones, llega a ser de más de 9 °C, valor que es bastante alto si se tiene en cuenta que lo deseable es que este no supere los 3 °C.
- La asequibilidad del servicio de agua potable y alcantarillado pluvial supera el estándar en un 98 %, en el mejor de los casos.
- El porcentaje de la escorrentía descargada antes y después de la urbanización cuantificó un aumento considerable en el volumen de escorrentía generado y descargado al cuerpo de agua receptor.
- El uso multifuncional del pondaje es muy bajo. En la actualidad, esta estructura no hace parte del espacio público efectivo y tampoco hay aprovechamiento del agua almacenada.
- Aunque la calidad del servicio según el reporte del proveedor y de los mismos usuarios es buena, aún existe un potencial de mejora importante para garantizar el suministro del servicio con el mínimo de interrupciones y duración de interrupciones.
- En cuanto al suministro eléctrico hay que pensar en opciones descentralizadas que reduzcan la intensidad de carbono de la electricidad.
- El alumbrado público tiene un peso importante en la factura eléctrica y reduce la disponibilidad de pago para otros servicios.
- No se contempla aún una recolección diferenciada de residuos dentro del esquema de gestión para Ciudad Verde.
- Hay que reducir la brecha existente entre el potencial de aprovechamiento de algunos materiales y los niveles actuales en Ciudad Verde.
- Es importante garantizar la afiliación a riesgos laborales de los recicladores de oficio de Ciudad Verde.
- El análisis de los indicadores de la movilidad sostenible muestra que existe un déficit en oferta de servicios básicos en la ciudadela. La falta de colegios, universidades, centros de salud y centros de empleo genera una alta dependencia con Bogotá y Soacha.
- Oferta inexistente de servicios de transporte formal que permita a los habitantes llegar hasta los sistemas de transporte de Soacha y Bogotá. De hecho, un habitante de la urbanización tiene que caminar en promedio entre dos y cuatro kilómetros, por trayecto, para acceder a una estación de transporte público masivo.
- El transporte informal ha jugado un papel predominante en solucionar la conectividad de la ciudadela.

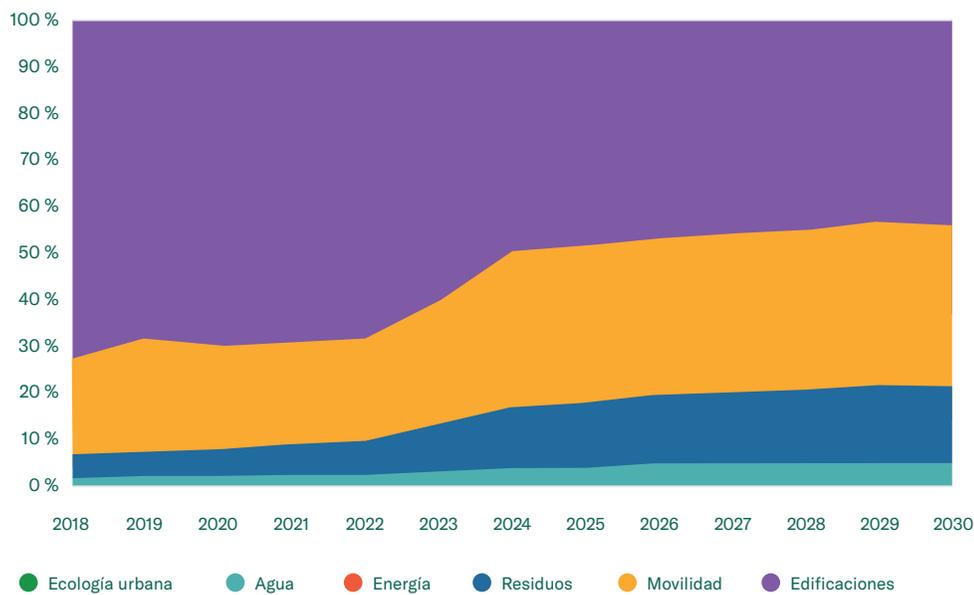
- El costo mensual del transporte representa más del 18 % del ingreso del hogar de los habitantes de Ciudad Verde.
- Los habitantes que emplean como modo principal de viaje los buses troncales y los zonales del sistema integrado de transporte emplean más de cien minutos por trayecto.
- Los niveles de confort térmico dentro de las viviendas son deficientes, ya que no se contemplaron medidas pasivas en el diseño de las edificaciones.
- La proximidad de las viviendas a los equipamientos no es suficiente, y por eso Ciudad Verde cuenta con problemas de cobertura en cuanto a servicios educativos y de salud.

Línea base de emisiones GEI en Ciudad Verde (2018-2030)

La gráfica 1 muestra las emisiones estimadas para todos los sectores en la línea base de Ciudad Verde, entre el 2018 y el 2030, para la clasificación principal empleada en el proyecto. Del total de las emisiones, el sector que mayor aporte genera a las mismas es el de edificaciones e infraestructura urbana (57,8 %). En dicho sector, las emisiones están principalmente representadas por la energía embebida en los materiales y su uso en la construcción de la infraestructura, así como el consumo de energía por el uso de equipos domésticos. A su vez, el sector de transporte genera el 28,1 % de las emisiones totales cuantificadas. Las emisiones son generadas en este sector por el uso de combustibles fósiles en los viajes de los habitantes de Ciudad Verde. El sector de residuos, por su parte, genera el 10 % de las emisiones totales cuantificadas. Dichas emisiones están asociadas, principalmente, al transporte y a la disposición final de los residuos en el relleno sanitario. Es importante aclarar que se incluyen las emisiones asociadas a la gestión de los residuos, independientemente de si esta ocurre dentro o fuera de los límites de la ciudadela. Las emisiones del sector de manejo del agua representan tan solo el 4 % del total, las cuales se asocian principalmente al uso de energía en la potabilización y el tratamiento del agua. Al igual que para el sector de residuos, las emisiones relacionadas con la distribución del agua potable y el manejo del agua residual se involucran independientemente de si estas se generan dentro o fuera de los límites de Ciudad Verde. Las emisiones vinculadas al sector de energía son cero porque no hay generación de energía en la ciudadela y las emisiones por el uso de energía se incluyen en otros sectores.

La tendencia anual de las emisiones totales responde esencialmente al cambio en la población de este macroproyecto y al aumento esperado del PIB per cápita. Las emisiones per cápita estimadas varían entre 0,5 y 0,92 tCO₂-eq/año en el periodo de análisis. Para el año 2018 se estimaron en 0,92 toneladas CO₂-eq per cápita debido a las emisiones por los procesos constructivos de unidades residenciales. A partir del año 2024, una vez se haya construido la totalidad de viviendas en Ciudad Verde, las emisiones se reducirán a 0,50 tCO₂-eq/per cápita. Es importante anotar que estos valores de emisiones de CO₂-eq per

cápita son bajos si se compara con el estimado para la línea base de la contribución nacional determinada (NDC) de Colombia (4,9 tCO₂-eq/año) pues, de un lado, no se tienen en cuenta las emisiones asociadas con la producción de bienes y servicios y su transporte hasta Ciudad Verde y este desarrollo urbano no posee industria de ningún tipo a gran escala.



Gráfica 1. Participación de los sectores en la línea base de emisiones GEI - clasificación principal

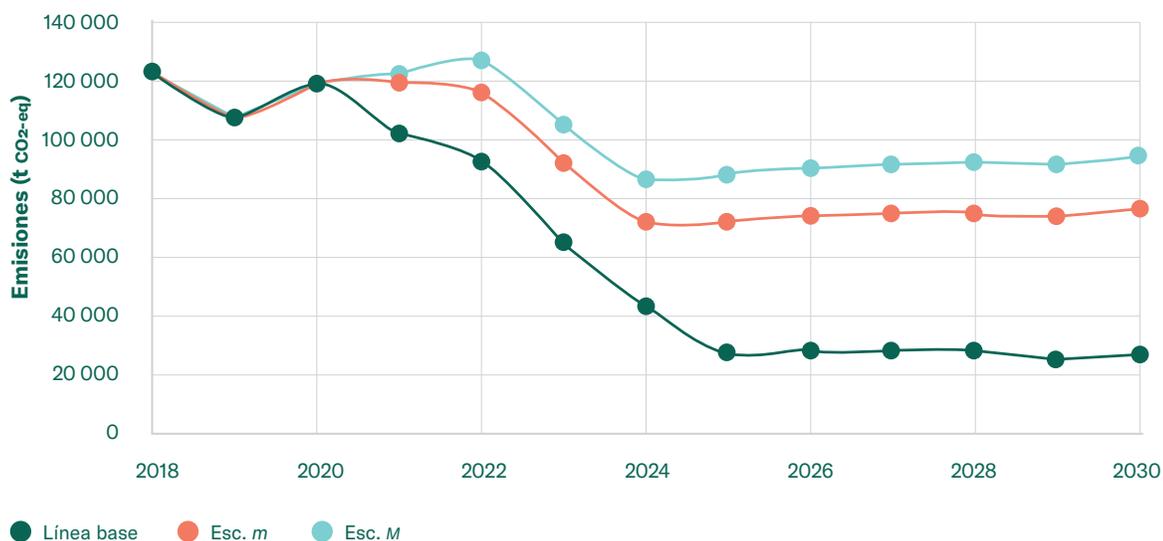
Fuente: adaptada del *Informe final*, cap. 6, p. 103.

Medidas de mitigación y resultados de la herramienta de integración

En Ciudad Verde se identificaron 47 medidas de mitigación y adaptación, y se evaluaron 39 de ellas, como se ilustra en la tabla 10. Se puede observar que hay diez medidas con costo de abatimiento negativo, la mayoría asociadas con la instalación de equipos eficientes para el uso de agua y energía; una medida de quema de biogás producido por los residuos con costo inferior a 5 USD/tCO₂-eq; tres medidas con costos entre 5-10 USD/t CO₂-eq, dos relacionadas con la restauración ecológica y la plantación de árboles en zonas verdes y una con la utilización de biogás en vehículos recolectores; y cuatro medidas adicionales con costos entre 10-20 USD/tCO₂-eq, como resultado de la utilización de bicicletas y buses troncales eléctricos y bloques ecológicos en la construcción. Estas medidas se destacan además por la cantidad de emisiones que reducen.

Con la herramienta de integración se analizaron diferentes escenarios de reducción de emisiones en el periodo 2018-2030. En la gráfica 2 se muestran los resultados de dos escenarios de los seis evaluados con la herramienta de integración, el escenario de mínimo abatimiento, denominado *Em*, que considera las medidas que se pueden instalar de manera independiente y, por ende, agregar en cantidades abatidas y con costos inferiores a 5 USD/tCO₂-eq, y el escenario de máximo abatimiento, denominado *EM*, que considera todas las medidas factibles.

Se incluye la línea base para el periodo de análisis. Su comportamiento decreciente obedece a cambios en el número de habitantes por vivienda (de tres a dos aproximadamente), modificaciones en los patrones de comportamiento y la instalación de equipos eficientes en las viviendas nuevas entregadas hasta el 2020.



Gráfica 2. Curvas de emisiones en los diferentes escenarios

Fuente: adaptada del *Informe final*, cap. 6, p. 230.

Tabla 10. Medidas de mitigación consideradas en cada sector

Sector	Medida	Tipo de medida	Mitigación (tCO ₂ -eq)	Costo-eficiencia (USD/tCO ₂ -eq)	Actores directos
Ecología urbana	Restauración ecológica de zonas verdes	Mitigación y adaptación	6606,0	7,5	U
	Plantación de árboles en zonas verdes	Mitigación y adaptación	11 010,0	7,2	U
Manejo integrado del agua	Uso de equipos eficientes	Mitigación	Ducha: 3068,0 Sanitario: 2072,8 Lavaplatos: 2104,3 Lavamanos: 503,8 Lavadora: 4767,6	Ducha: -\$63,9 Sanitario: \$2172,8 Lavaplatos: -\$568,8 Lavamanos: \$548,5 Lavadora: \$2695,8	PV-U
	Sistema de reúso de aguas grises	Adaptación	3648,0	25 074,9	PV-U
	Sistema de reúso de aprovechamiento de aguas lluvia	Adaptación	646,9	3764,2	PV-U
	Uso de sistemas urbanos de drenaje sostenible (SUDS)	Adaptación	Cuenca seca de drenaje extendido: 0,4 Cuneta verde: 22,7 Pondaje húmedo: 34,0	Cuenca seca de drenaje extendido: 5560,0 Cuneta verde: 8485,2 Pondaje húmedo: 283,7	U-AP
Suministro y uso de energía	Sistemas fotovoltaicos en techos de los conjuntos	Mitigación	30 594,8	369,9	U-C-EE-AC
	Sistemas de energía solar térmica con colectores solares	Mitigación	54 393,8	830,8	U-C-EE-AC
	Alumbrado público solar	Mitigación	2770,9	No estimada	EE
	Medición inteligente	Mitigación	No estimada	No estimada	PV-EE
Gestión de residuos	Compostaje descentralizado	Mitigación	44 447,1	57,3	AP-EAM-R-COM-U
	Digestión anaerobia descentralizada	Mitigación	49 134,9	56,5	AP-EAM-R-COM-U
	Instalación de estación de clasificación y aprovechamiento	Mitigación	893,1	1263,5	AP-EAM-R-COM-U
	Quema de biogás	Mitigación	74 989,4	2,4	AP-EAM-ORS
	Vehículos recolectores con bajas emisiones (eléctricos)	Mitigación	3729,0	58,3	AP-EAM
	Vehículos recolectores con bajas emisiones (biogás)	Mitigación	25 984,2	5,5	AP-EAM-ORS
Movilidad sostenible	Reducción del déficit de cupos escolares en la ciudadela	Mitigación	Asociada a un colegio: 6254,0 Asociada a todo el déficit de colegios: 50 274,0	No estimado	U-AP-COM
	Creación de centros de salud y universidades en Ciudad Verde	Mitigación	12 362,0	No estimado	U-AP-COM
	Implementación de un sistema de bicicletas	Mitigación	8728,0	15,2	AP-GN-STP-COM
	Implementación de buses alimentadores eléctricos	Mitigación	34 495,0	71,7	AP-GN-STP-COM
	Sustitución de buses de combustión interna por eléctricos	Mitigación	80 460,0	17,2	AP-GN-STP-COM
	Sistemas fotovoltaicos en techos de los conjuntos	Mitigación	30 594,8	369,9	U-C-EE-AC

Sector	Medida	Tipo de medida	Mitigación (tCO ₂ -eq)	Costo-eficiencia (USD/tCO ₂ -eq)	Actores directos
Edificaciones e infraestructura	Reemplazo del cemento por MCS: cenizas volantes	Mitigación	4340,1	28,5	C-CEM-CON
	Reemplazo de ladrillos por bloques ecológicos	Mitigación	924,3	19,2	C-L
	Mezcla asfáltica sostenible	Mitigación	1381,0	- 50,8	AP-CV
	Instalación de bombillos LED en los hogares	Mitigación	10 916,6	-554,1	PV-D
	Equipos domésticos de refrigeración eficientes	Mitigación	49 428,4	-209,3	PV
Edificaciones e infraestructura	Instalación calentadores de paso eléctricos	Mitigación	11 711,5	806,4	PV-D
	Instalación de estufas de inducción	Mitigación	79 459,1	457,7	PV-D
	Control de iluminación (vivienda)	Mitigación	1330,6	358,0	P-C-AP
	Aislamiento térmico del techo (centro comercial)	Mitigación	398,0	-646,0	P-C-AP
	Sensores de ocupación (centro comercial)	Mitigación	6,0	-89,0	P-C-AP
	Control de iluminación (salud)	Mitigación	49,0	-197,0	P-C-AP
	Sensores fotoeléctricos (salud)	Mitigación	126,0	-374,0	P-C-AP
	Sensores de ocupación (colegios)	Mitigación	44,0	566,0	P-C-AP
	Sensores fotoeléctricos (colegios)	Mitigación	255,0	-248,0	P-C-AP
	Aumento del vidrio en la fachada exterior (vivienda)	Mitigación	Muy pequeño	7132,0	P-C-AP
	Aislamiento térmico del techo (vivienda)	Mitigación	0	No aplica	P-C-AP
	Aislamiento térmico de paredes externas (vivienda)	Mitigación	0	No aplica	P-C-AP
	Vidrio de alto rendimiento térmico (vivienda)	Mitigación	0	No aplica	P-C-AP
	Aislamiento térmico de losas de entrepiso (vivienda)	Mitigación	0	No aplica	P-C-AP
	Sellamiento de infiltraciones (vivienda)	Mitigación	0	No aplica	P-C-AP

Fuente: elaboración propia a partir de los resultados del *Informe final*, cap. 6, sec. 6.3.

U: urbanizador; AP: administración pública; EAM: empresa de aseo municipal; R: recicladores de oficio; COM: comunidad; ORS: operador del relleno sanitario; C: constructor; P: promotor; PV: propietario de vivienda; D: desarrolladores de vivienda; GN: Gobierno nacional; STP: sistema de transporte público; CEM: cementeras; CON: concreteras; L: ladrilleras; CV: constructoras de infraestructura vial; EE: empresa de energía; AC: administración de conjuntos residenciales.

En la tabla 11 se muestran las emisiones per cápita que resultan en los escenarios de mínimo y máximo abatimiento en algunos años del periodo de análisis. Se puede apreciar que la implementación de medidas con costos de abatimientos negativos y cercanos al valor actual del impuesto al carbono llevarían a reducciones en el año 2030 de casi el 50 % de las emisiones que se tienen en el año base, y de las del portafolio estudiado permitirían una reducción de algo más del 80 % en el mismo año.

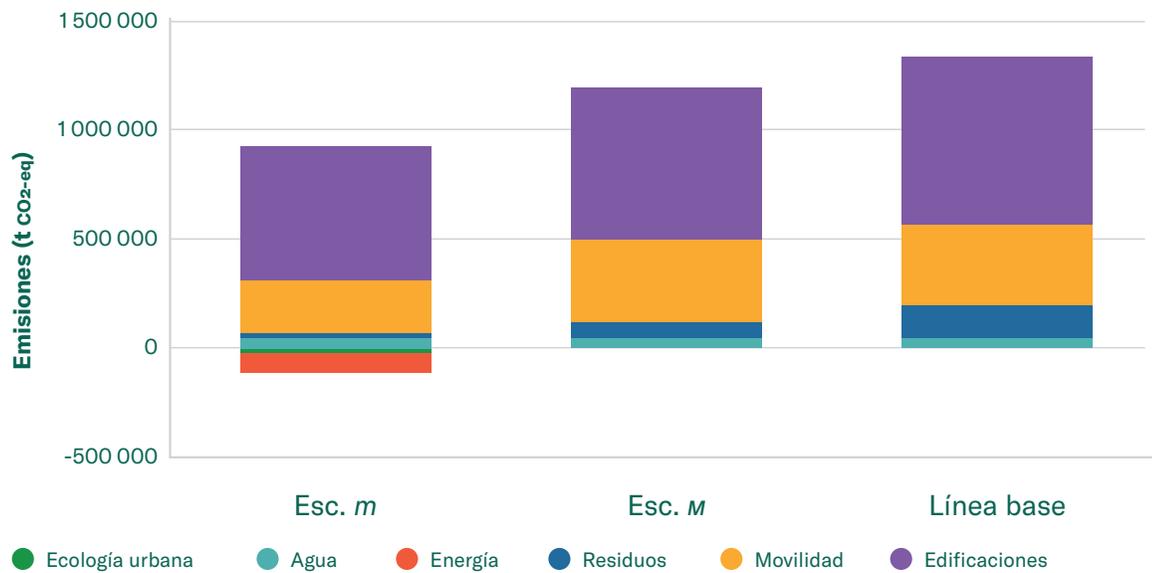
Tabla 11. Emisiones per cápita en Ciudad Verde - escenarios base y de mitigación mínima y máxima

Emisiones per cápita (tCO ₂ -eq/habitante)			
Año	Escenario base	Escenario m	Escenario M
2018	0,92	0,92	0,92
2020	0,77	0,77	0,77
2024	0,50	0,42	0,25
2030	0,59	0,48	0,17

Fuente: elaboración propia.

En la gráfica 3 se muestran las emisiones acumuladas en los dos escenarios de mitigación (M y m) y en el escenario base; y en la tabla 12 se resumen las reducciones logradas en los años 2024 y 2030 y la reducción acumulada. Se puede notar que en el escenario de mayor ambición hay capturas por las acciones de ecología urbana. Se incluyen las reducciones por suministro limpio de electricidad debido a que mejora el indicador total de generación y transformación. Igualmente, la reducción en el escenario de mínima ambición estaría muy cerca de la meta autónoma del 20% de la NDC colombiana (INDC, 2015).

Considerando otros criterios como externalidades, las medidas seleccionadas exhiben, en general, efectos dentro de rangos neutros y positivos sobre los beneficios considerados. Algunos beneficios como salud, educación y oferta de recursos naturales presentan efectos comparativamente más positivos para la mayoría de los escenarios analizados en este estudio.



Gráfica 3. Emisiones por sector para los diferentes escenarios - clasificación principal

Fuente: adaptada del *Informe final*, cap. 6, p. 232.

Tabla 12. Abatimiento de emisiones en los escenarios presentados

Abatimiento por escenario		Escenario m	Escenario M
Abatimiento 2024	Toneladas CO ₂ -eq	14 515,4	43 379,8
	Reducción porcentual (%)	16,7	50,1
Abatimiento 2030	Toneladas CO ₂ -eq	17 943,5	67 799,6
	Reducción porcentual (%)	18,9	71,5
Abatimiento acumulado (2018-2030)	Toneladas CO ₂ -eq	142 722,9	521 511,6
	Reducción porcentual (%)	10,7	38,9

Fuente: elaboración propia.

Lagos de Torca

Una de las iniciativas actuales de desarrollo urbanístico importante en la Sabana de Bogotá, en proceso de estructuraciones financieras y aprobaciones de planes parciales, es Lagos de Torca, al noreste de la ciudad. Limita al norte con el municipio de Chía, al oriente con la Reserva Forestal Protectora Bosque Oriental, al occidente con la unidad de planeamiento rural uPR Zona Norte y al sur con las calles 183, 189, 191 (trazado Avenida Tibabita), 192, 193 y la unidad de planeamiento zonal upz La Uribe (rénder 1). Del área total, 1803 hectáreas, el 59,8 % corresponde a suelos urbanos y el 40,2 % a suelos de expansión. Los suelos de protección, vías arteriales, infraestructura de transporte público y salud, y área urbanizable neta corresponden al 18,7 %, 13,8 %, 1,3 % y 66,2 % del área total, respectivamente.

Mediante el Decreto 043 del 2010 se adoptó el Plan de Ordenamiento Zonal del Norte como un instrumento de gestión del suelo diseñado para planear el desarrollo de territorios específicos dentro del Plan de Ordenamiento Territorial vigente, Decreto 190 del 2004. Con el Decreto 088 del 2017 se adoptó el proyecto y se establecieron las normas y ámbito de aplicación, que fueron posteriormente modificados por los decretos 049 del 2018 y 425 del 2018.

La prioridad de este proyecto urbano de gran escala consiste en restaurar la cuenca del humedal Torca-Guaymaral mediante el saneamiento de las quebradas que conectan los cerros orientales con el humedal de la Reserva Forestal Thomas van der Hammen y el río Bogotá. También se propone elevar la Autopista Norte para mejorar y preservar la conectividad ecológica del humedal y colocar diques para la conservación de los espejos de agua. La propuesta contempla el desarrollo del Parque Metropolitano Guaymaral, que contará con ciento cincuenta hectáreas, 75 de las cuales estarán asociadas con cuerpos de agua. Este espacio brindará zonas verdes para la recreación activa y pasiva de la población. En el rénder 1 se presenta un esquema del desarrollo de Lagos de Torca.

A nivel social, el objetivo es promover la convivencia de diferentes segmentos de la población, con lo cual se espera que los 350 000 habitantes proyectados disfruten por igual de los parques, ciclorrutas y espacios públicos. En particular, se prevé la construcción aproximada de 125 000 viviendas, de las cuales 50 000 serán viviendas subsidiadas (40 %). De este porcentaje, el 20 % corresponderá a viviendas de interés social y el otro 20 % a viviendas de interés prioritario.



Rénder 1. Esquema general de Lagos de Torca y del parque metropolitano de Guaymaral

Fuente: Álvaro Garay.

De los 34 planes parciales que serán desarrollados en Ciudad Lagos de Torca (rénder 1), doce han sido radicados en la Secretaría Distrital de Planeación. De estos, siete se encuentran en etapa de formulación, dos en etapa de concertación, dos han sido catalogados con viabilidad y uno ha sido aprobado (n.º 26 El Bosque). Por otro lado, entre las cargas y los beneficios establecidos para los planes parciales se solicita la restauración de las zonas ecológicas. Las manzanas más grandes contarán con 1,3 hectáreas, que podrán llegar a ser 1,6 hectáreas con avenidas locales. Los primeros pisos del 70 % de las manzanas serán destinados para usos de comercio, servicios y equipamientos. Los equipamientos dotacionales de hasta dos hectáreas, como colegios y centros de salud, deberán contar con un parque como complemento.

En términos de movilidad se contempla la ampliación y adecuación de las avenidas Boyacá y Ferrocarril (carrera Novena), la Autopista Norte y la carrera Séptima, y se construirán las avenidas Arrayanes (calle 209), Guaymaral (calle 235), Polo (calle 200) y El Jardín (calle 222). Con su implementación se espera garantizar la conectividad vial de la zona y una buena movilidad para los ciudadanos. El espacio público contará con andenes de hasta doce metros de ancho y una red de ciclorrutas que comunicarán las áreas urbanas con los parques zonales y el Parque Metropolitano Guaymaral. En términos de espacio público efectivo, se dispondrá de ocho metros cuadrados por habitante. Dentro de este proyecto se espera la construcción del hospital del norte, un nuevo portal de Transmilenio, un centro de intercambio modal, bibliotecas, centros locales de salud, colegios, centros culturales, puestos de la Policía (CAI), iglesias y jardines infantiles.

Indicadores y opciones

El análisis sectorial de Lagos de Torca presentó un enfoque diferente al utilizado en el caso de estudio Ciudad Verde debido a la disponibilidad y el detalle de la información y a que algunas de las medidas e indicadores planteados para Ciudad Verde dependían de las condiciones de operación luego de habitadas las viviendas. La evaluación del proyecto urbano Lagos de Torca se elaboró sectorialmente. Se construyó un escenario de desarrollo de vivienda para el periodo 2023-2050, con el objetivo de distribuir la entrega de las 134 998 unidades planeadas. En la actualidad existe un total de doce planes parciales, con diferentes grados de maduración, que contemplan la construcción de 92 209 unidades residenciales. Se proyecta igualmente la construcción de 42 789 unidades para completar el total planeado. Con estos supuestos se obtiene la evolución de las viviendas entregadas VIP, vis y no vis.

Una vez establecido el escenario de desarrollo de vivienda para Lagos de Torca se definió el escenario de tamaño de hogar probable a utilizar en el cálculo de indicadores y medidas de mitigación y mejora. En primer lugar, se estableció un escenario mínimo con base en las proyecciones de tamaño de hogar empleadas por el sector de transporte en sus modelos de demanda, que parte de un tamaño de 3,04 habitantes/hogar en el 2023 para evolucionar a 1,96 habitante/hogar en el 2050. El escenario moderado contempla la evolución de 3,04 habitantes/hogar en el 2023 a 2,61 habitantes/hogar en el 2050, lo cual se aplica a las nuevas viviendas que se van entregando. Por último, se tomó el tamaño promedio de hogar previsto en el Decreto 088 del 2017 (3,20 habitantes/hogar) para definir el escenario de saturación. A partir de estos escenarios y los planes de construcción se obtienen tres escenarios de población para Lagos de Torca.

Con estos supuestos, se presentan a continuación los resultados de las medidas evaluadas tanto en indicadores como en emisiones.

Ecología urbana

Para efectos de la ponderación de indicadores de ecología urbana se incluyó exclusivamente el área correspondiente a nuevos desarrollos, equivalente a 134 hectáreas. Los indicadores para los tres escenarios de Lagos de Torca y para los planes parciales de El Bosque y Tibabita se muestran en la tabla 13.

La línea base de emisiones para Lagos de Torca se presenta en la tabla 14.

Tabla 13. Indicadores de ecología urbana para Lagos de Torca y los planes parciales de El Bosque y Tibabita

Alcance	Indicadores	Escenarios		
		1	2	3
Lagos de Torca	Área verde pública total por habitante	10,67 m ² /hab	13,08 m ² /hab	17,11 m ² /hab
	Área verde protegida (EEP)	38,02 %		
	Área de espacios públicos infraestructura verde por habitante	5,15 m ² /hab	6,31 m ² /hab	8,26 m ² /hab
	Área de espacios verdes privados	4 315 341,25		
	Accesibilidad social	Parques zonales (pz): 23,86 %		
		Parques metropolitanos (pm): 79,33 %		
	Conectividad (ecológica)	Difusa		
	Naturalidad	79,56 %		
	Captura de CO ₂	2614,9 tco ₂ año ⁻¹		
Islas de calor	+3 °C			
El Bosque	Área verde pública por habitante	4,57 m ² /hab	5,62 m ² /hab	7,70 m ² /hab
	Área verde protegida (EEP)	28,04 %		
	Área de espacios públicos infraestructura verde por habitante	2,72 m ² /hab	3,35 m ² /hab	4,60 m ² /hab
	Accesibilidad social	Parques zonales (pz): 97,63 %		
		Parques metropolitanos (pm): 100 %		
	Conectividad (ecológica)	Débil		
Naturalidad	82,27 %			

► Continúa

Alcance	Indicadores	Escenarios		
		1	2	3
Tibabita	Área verde pública por habitante	4,11 m ² /hab	5,06 m ² /hab	6,92 m ² /hab
	Área verde protegida (EEP)	28,04 %		
	Área de espacios públicos infraestructura verde por habitante	2,31 m ² /hab	2,83 m ² /hab	3,88 m ² /hab
	Accesibilidad social	Parques zonales (PZ): 100 %		
		Parques metropolitanos (PM): 100 %		
	Conectividad (ecológica)	Difusa		
Naturalidad	85,97 %			

Fuente: elaboración propia.

Tabla 14. Línea base de emisiones en el sector ecología urbana Lagos de Torca

Fuente	Valor
Carbono almacenado en suelo	3438 tCO ₂
Carbono almacenado en biomasa aérea y subterránea	3048 tCO ₂
Captura de carbono en biomasa	137,6 tCO ₂ año ⁻¹

Fuente: elaboración propia.

Las medidas de mitigación o adaptación propuestas son:

- Aumento en la disponibilidad de zonas verdes de parques urbanos, locales, zonales y metropolitano, para llegar a diez metros cuadrados de área verde efectiva por habitante, es decir, trescientas hectáreas adicionales, distribuidas de manera tal que la accesibilidad a estas llegue al 100 % del área del desarrollo urbanístico.
- Plantación de especies forestales en el 80 % de las 175,31 hectáreas de áreas urbanas protegidas. La costo-eficiencia de esta medida, si se toma el horizonte de análisis hasta el 2030, es de 7,41 USD/tCO₂-eq, y al 2050 es de 2,12 USD/tCO₂-eq.
- Se tienen en total 222,52 hectáreas de espacios que corresponden a la infraestructura verde, con una densidad aproximada de 373 árboles por cada hectárea de cobertura de copas en el 60 % del área. El costo total sería de cerca de 120 000 dólares, y se capturarían anualmente 1321 tCO₂-eq, con costo-eficiencia al 2030 de 11,353 USD/tCO₂-eq y al 2050 de 3,24 USD/tCO₂-eq.

Manejo integrado del agua

En la tabla 15 se presentan los valores de los indicadores para Lagos de Torca. Los resultados muestran que la vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento en la cuenca es muy alta y que el cuerpo de agua receptor presenta problemas de contaminación. Adicionalmente, el indicador de agua residual tratada demuestra que la planeación del desarrollo urbano sí involucra el planteamiento de una solución en el largo plazo para el tratamiento de las aguas residuales que se generarían.

Para los planes parciales de El Bosque y Tibabita se calcularon los siguientes indicadores:

- Razón entre el porcentaje de escorrentía descargada antes y después de la operación: para la cuantificación de este indicador se supuso que toda la escorrentía generada en los planes parciales se descargará al sistema de alcantarillado. Así pues, como resultado se obtuvo un valor del indicador de 1,89 y 1,88 para El Bosque y Tibabita, respectivamente. Según esto, se observa un aumento en el volumen de escorrentía producto de la impermeabilización de los terrenos. Teniendo en cuenta que se debe garantizar una retención del 30 % de la escorrentía generada, de tal manera que el sistema de alcantarillado reciba el 70 %, existe un potencial de incluir estrategias para el manejo del agua lluvia en los planes parciales que consideren la detención, la infiltración y el aprovechamiento del agua para usos no potables (por ejemplo, riego de zonas verdes y limpieza de calles).
- Del total de emisiones de GEI asociadas a la gestión del agua en Tibabita, el 96,3 % estarían asociadas al uso de la energía para la potabilización del agua y el 3,7 % al tratamiento de las aguas residuales. Así mismo, del total de emisiones generadas por la gestión del agua en El Bosque, el 96,1 % estarían asociadas al uso de la energía para la potabilización del agua y el 3,9 % al tratamiento de las aguas residuales. Se puede afirmar, entonces, que mejorar la eficiencia en el uso de la energía en procesos de potabilización del agua permitiría reducir las emisiones de GEI asociadas al manejo del agua (véase la tabla 16).

Como medidas de mitigación o adaptación se propone la implementación de los subs para ambos planes parciales.

Tabla 15. Valor de los indicadores de manejo integrado del agua para Lagos de Torca

Indicador	Valor
Vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento	Muy alta
Agua residual tratada al nivel de calidad requerido	100,00 %
Calidad del cuerpo de agua receptor	42,36 %

Fuente: adaptada del *Informe final*, cap. 7, p. 28.

Tabla 16. Emisiones de CO₂-eq por manejo integrado del agua para los diferentes escenarios de población

Plan parcial	Escenario 1: 3,2 habitantes por hogar		Escenario 2: 2,6 habitantes por hogar		Escenario 3: 1,9 habitantes por hogar	
	tCO ₂ -eq/hab	tCO ₂ -eq/m ³	tCO ₂ -eq/hab	tCO ₂ -eq/m ³	tCO ₂ -eq/hab	tCO ₂ -eq/m ³
El Bosque	0,1458	0,00254	0,1476	0,00254	0,1506	0,00253
Tibabita	0,1490	0,00252	0,1514	0,00252	0,1557	0,00251

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 7, p. 35.

Suministro y gestión eficiente de energía

Desde el punto de vista del sector energía, Lagos de Torca ha desarrollado los estudios necesarios para garantizar la viabilidad de conexión y suministro de energía eléctrica y gas natural. Más allá del suministro y posible control de la calidad del servicio, los planes parciales reflejan un interés leve alrededor de estrategias de eficiencia de energía para alumbrado público seguidas de medidas para la implementación de estrategias pasivas de eficiencia energética en el diseño y construcción de edificaciones. Estrategias activas de eficiencia energética, como la promoción de medición inteligente, y aquellas asociadas a la generación distribuida de energía tanto eléctrica como térmica no están explícitamente consideradas.

En Lagos de Torca existe un potencial de generación distribuida con energía fotovoltaica soportada por baterías a partir del año 2023. Parte de la rentabilidad de este tipo de tecnología de generación depende de la capacidad de generación, de intercambios con la red eléctrica y el precio de venta, aspectos determinados por la Resolución CREG 030 del 2018. Según esta resolución, la entrega de excedentes a la red está limitada, por lo que entre mayor autosuficiencia se desee mayor será la capacidad de almacenamiento que se requerirá, lo que incrementa los costos y puede llegar a hacer inviable la solución. Si se plantea el suministro completo de la demanda esperada en el año 2035 con esta tecnología, el costo de almacenamiento aumenta el costo de la energía en alrededor de 0,20 usd/kWh; si esta restricción se levanta, el costo de la energía resultante estaría alrededor de 0,05 usd/kWh. El área requerida en ese momento con las dimensiones de la tecnología actual sería de 37,4 hectáreas.

El alcance de autogeneración de energía no debe restringirse a la generación eléctrica y a usos residenciales. Existe un potencial de generación de energía térmica tanto para el sector residencial como comercial, que ha visto su mayor aplicación con la iniciativa de distritos térmicos (DT), desarrollándose la aplicación más notoria en el complejo La Alpujarra en Medellín (Empresas Públicas de Medellín, 2016). Lagos de Torca es un buen candidato para considerar la instalación de estos sistemas de suministro de energía a edificios residenciales y comerciales que requieran agua caliente o fría y la atención de demandas complementarias. La implementación de un DT que considere demandas

de acondicionamiento de espacios para el sector comercial y calentamiento de agua para el sector residencial, integrado a una generación eléctrica distribuida y con una apropiada gestión de demanda, puede llegar a convertir a Lagos de Torca en un ejemplo de un megaproyecto de vivienda con suministro de energía limpio, eficiente y confiable. La iniciativa del Ministerio de Medio Ambiente sobre la instalación de DT (Minambiente, 2018) es una opción que ha comenzado a considerar la gerencia del proyecto, como resultado del interés mostrado por estas entidades y los análisis previos realizados en este estudio.

Finalmente, es bueno anotar que, para el sector residencial, los sistemas de generación y almacenamiento térmico basados en colectores solares o calentadores que utilizan biomasa presentan un potencial de suministro de agua caliente sanitaria en las viviendas.

Manejo integrado de residuos

El sistema de aseo urbano de este proyecto contempla la recolección de residuos domésticos, industriales, de hospitales y centros de salud, y el barrido y la limpieza de calles y áreas públicas. De acuerdo con el Documento Técnico de Soporte del Plan de Ordenamiento Zonal del Norte, los residuos generados serán transportados y dispuestos en el relleno sanitario Doña Juana ubicado al sur de la ciudad.

Para el análisis de la gestión de residuos de este proyecto se utilizaron dos escenarios poblacionales: el de saturación y el moderado. Se estima que la cantidad de residuos que se generarán en Lagos de Torca para el año 2050 es de 166 665,4 toneladas/año en el primer caso y de 136 051,0 toneladas/año en el segundo.

Se observa que la mayor cantidad de emisiones de GEI en el escenario Business as Usual (BAU) para ambas proyecciones de población se atribuye a la descomposición anaerobia de residuos en el relleno sanitario, que constituye el 98 % de las emisiones del sector. Las emisiones que le siguen a las del relleno sanitario son las generadas por el transporte de residuos, en este caso, por desplazar 166 000 o 136 000 toneladas de residuos por año, según el escenario, al sitio de disposición final ubicado a 37 km de la fuente de generación. Las emisiones per cápita para Lagos de Torca en el periodo de estudio (entre 0,12 y 0,13 tCO₂-eq/año) son cercanas a las obtenidas a partir del inventario nacional de las emisiones (0,13 tCO₂-eq/año), dato que se encuentra bajo “Sitios gestionados de eliminación de desechos”.

Al comparar las emisiones asociadas a la gestión de residuos en los dos escenarios poblacionales analizados, en el 2050 se observa una diferencia de cerca de 10 000 tCO₂-eq atribuidas a la generación adicional de aproximadamente 30 600 toneladas de residuos en el caso del escenario poblacional de saturación.

Como medidas de mitigación, en el caso de la gestión integrada de recursos, se proponen:

- Instalación de plantas de compostaje para el aprovechamiento de la totalidad de residuos orgánicos rápidamente putrescibles y residuos de poda y corte de césped, lo cual muestra en ambos escenarios poblacionales una reducción del 68 % de las emisiones del relleno sanitario en comparación con el escenario BAU. Asimismo, se observa una disminución del 58 % de las emisiones por transporte de residuos al evitar el desplazamiento de 37 kilómetros de casi el 50 % del total de los residuos generados en el megaproyecto hasta el relleno sanitario Doña Juana.
- Instalación de dos plantas de digestión anaerobia en el proyecto urbano con capacidad cada una de 41 500 t/año para el escenario saturación y 34 000 t/año para el escenario moderado, en las que se reciba la totalidad de residuos rápidamente putrescibles generados de origen domiciliario.
- Instalación de dos centros de clasificación de material aprovechable que acopien y preparen los materiales para su comercialización. Considerando como materiales recibidos el papel, cartón, plástico, vidrio y metales, cada estación de clasificación tendrá capacidad para 14 400 t/año en el escenario 1 y 11 800 t/año en el escenario de crecimiento de población moderado.

Comparando las alternativas de mitigación propuestas con las emisiones en el escenario BAU para Lagos de Torca, se evidencia mayor impacto en la mitigación con la aplicación de las medidas de aprovechamiento bioquímico de los residuos orgánicos rápidamente putrescibles, pues estos constituyen el 51,32 % de los residuos generados y son la principal fuente de GEI en el relleno sanitario. Se observa que la digestión anaerobia presenta mayor mitigación que el compostaje aun cuando para la medida de digestión se excluyen del aprovechamiento los residuos de poda y corte de césped; lo que muestra que la instalación de plantas de digestión anaerobia ofrece mayor mitigación respecto al escenario BAU debido a los ahorros en emisiones por la producción de energía a partir del biogás resultante de la digestión de los residuos rápidamente putrescibles.

Movilidad sostenible

Para evaluar la sostenibilidad de la movilidad se estimaron seis indicadores para Lagos de Torca, que se muestran en la tabla 17.

Los tres últimos indicadores de la tabla 17 están determinados en gran proporción por el desempeño ambiental de la flota vehicular que utilice la población. Para esta aproximación se consideraron las mismas tecnologías que aquellas utilizadas para el análisis de Ciudad Verde, excepto para el caso del tren eléctrico, que es una nueva categoría, como se verá más adelante. Los resultados de estos tres indicadores son significativamente mejores en Lagos de Torca respecto a los estimados para Ciudad Verde. Esto se debe a la alta participación del tren en los viajes totales. Se esperaría

todavía un mejor desempeño que el estimado aquí, considerando las mejoras adicionales por nuevas tecnologías vehiculares disponibles en los años siguientes y con mejores estándares ambientales en todos los modos de transporte en las próximas décadas en la ciudad.

Se trabajó con una población correspondiente al escenario mínimo de 264 013 habitantes, repartidos así: 56 768 habitantes en los estratos 1-2, 61 179 en los estratos 3-4 y 146 066 en los estratos 5-6. Se obtuvo que para el año 2050 se generarían 368 194, viajes como se muestra en la tabla 18. Es importante aclarar que estos son únicamente viajes con destino al centro de empleo (CDB, por sus siglas en inglés), en este caso el centroide de la UPZ Chicó Lago.

Tabla 17. Indicadores de movilidad sostenible para Lagos de Torca - 2050

Indicador	Valor
Tasa de movilidad	1,39 viajes diarios/persona
Participación del transporte público en los viajes totales	91 %
Participación de modos no motorizados en los viajes totales	3,9 %
Nivel de emisiones de dióxido de carbono equivalente por viaje	202,7 g CO ₂ -eq/viaje
Nivel de emisiones de material particulado fino por viaje	0,012 g PM _{2,5} /viaje
Exposición personal a material particulado fino en transporte	44,4 µg/m ³ PM _{2,5}

Fuente: adaptada del *Informe final*, cap. 7, p. 98.

Tabla 18. Resultados de viajes y tasa de viajes - 2050

Tipo de uso residencial	Población	Viajes	Tasa de viajes
1. Bajo (estratos 1-2)	56 768	45 186	0,796
2. Medio (estratos 3-4)	61 179	65 401	1,069
3. Alto (estratos 5-6)	146 066	257 607	1,764
Total	264 013	368 194	1,395

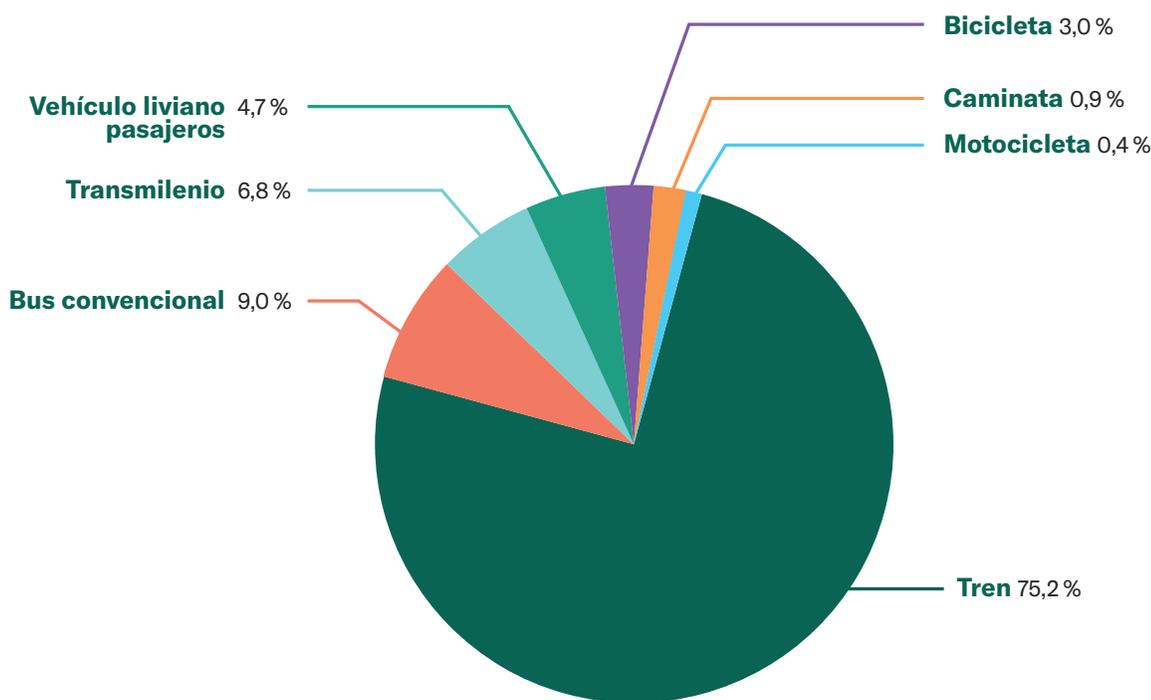
Fuente: adaptada del *Informe final*, cap. 7, p. 93.

Como reparto modal de los viajes que se hacen en Lagos de Torca se obtuvo el resultado que se muestra en la gráfica 4.

Los resultados sobre la distribución modal en el 2050 muestran que los modos de transporte público predominan en los viajes totales. El 91 % de los viajes se realizan en tren, bus y Transmilenio. El transporte privado (automóviles y motocicletas) representa el 5,1 %, y los modos no motorizados (caminata y bicicleta) tienen una participación del 3,9 % en los viajes. Vale la pena aclarar que en este análisis no se consideran aspectos de capacidad de los diferentes modos, lo cual debería tenerse en cuenta en análisis posteriores.

Teniendo en cuenta la cantidad de viajes estimados para Lagos de Torca en el 2050, las distancias de los viajes y su distribución modal, se obtiene un indicador de emisión de CO₂-eq de 203 gramos por cada viaje. Esta es la mitad del valor obtenido para Ciudad Verde, que ya es bajo por la importante participación del transporte público. Esta mejora se debe principalmente a la alta contribución que tienen los modos de transporte masivos y eléctricos, como el tren.

Resulta crítico en movilidad, en la calidad de vida de los habitantes y en términos de emisiones GEI la transición que se logre entre las opciones de transporte disponibles en las primeras etapas de Lagos de Torca y las que se plantean en los planes del Distrito para el año 2050.



Gráfica 4. Reparto modal en Lagos de Torca - 2050

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 7, p. 97.

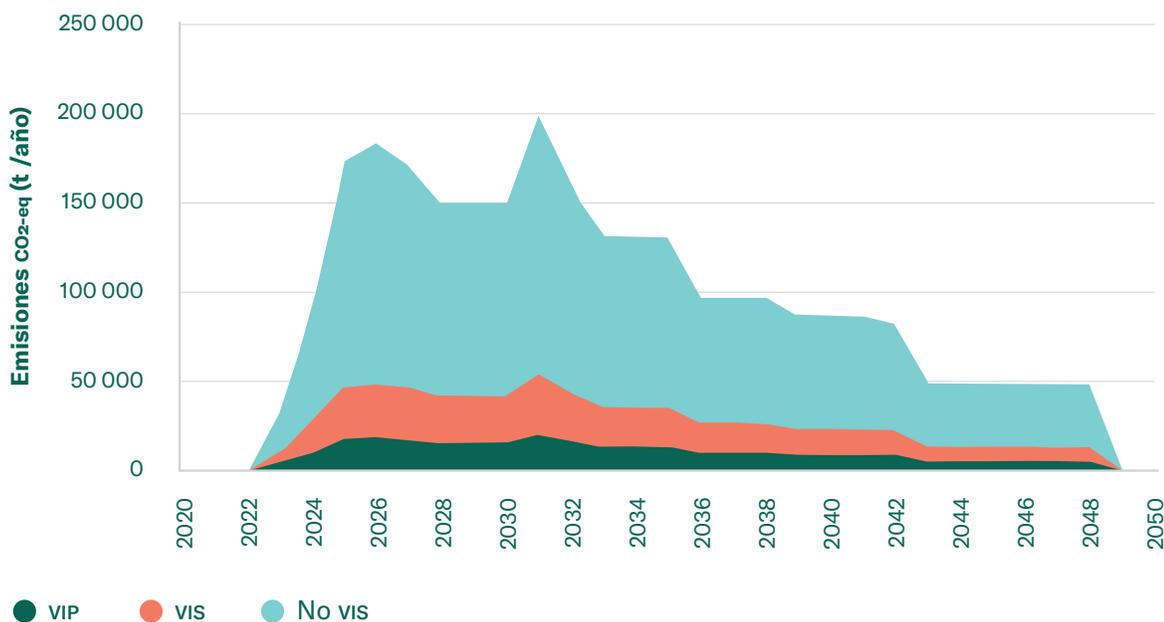
Edificaciones e infraestructura urbana

Con respecto a las edificaciones residenciales de Lagos de Torca se presenta la estimación del carbono incorporado y de las emisiones asociadas a la operación. La cuantificación incluye el carbono emitido por las edificaciones residenciales construidas durante el periodo de análisis (2020 al 2050). En la gráfica 5 se muestra la línea base de emisiones incorporadas según tipología en Lagos de Torca.

Con respecto a las emisiones de la etapa de operación se presentan las emisiones de CO₂-eq asociadas al consumo de energía por el uso de equipos domésticos según el tipo de vivienda (VIP y vis o no vis). Esta cuantificación se realizó para el escenario de desarrollo en Lagos de Torca definido para el periodo 2023-2050. Con el fin de evaluar las emisiones se consideraron los consumos de energía por iluminación y los principales equipos domésticos según uso: cocción, refrigeración, calentamiento de agua, televisión, plancha, lavado de ropa y computadores.

Se definió una línea base para dos de los escenarios de evolución del tamaño promedio del hogar, el escenario de saturación (3,2 habitantes/hogar) y el escenario moderado (cambio de 3,2 a 2,6 habitantes/hogar). Por la consideración del efecto de la transición demográfica hay un efecto en el consumo de energía.

La tabla 19 presenta para las unidades de vivienda (tipo) y para los diferentes escenarios de tamaño del hogar al año 2050 las emisiones de CO₂-eq en toneladas por año, asociadas a la operación de ese stock y desagregadas entre gas natural y electricidad. En esta tabla se presentan las emisiones de CO₂-eq en toneladas por año, inicialmente para las viviendas vis y VIP, luego para las viviendas no vis, los totales de estas dos



Gráfica 5. Línea base de emisiones incorporadas según tipología en Lagos de Torca

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 7, p. 105.

clasificaciones de vivienda y los del escenario de confort térmico. En el escenario de confort se agregan las emisiones de CO₂-eq del sector vivienda, asociadas al consumo de energía en la operación del sistema de calefacción.

De estos resultados se concluye que, bajo el escenario propuesto, la consideración de la reducción del tamaño del hogar en el tiempo representa una reducción en los consumos y, por ende, en las emisiones asociadas a la operación total de la vivienda. Esta diferencia en la línea base de emisiones obtenida para la operación de vivienda en Lagos de Torca es superior a 13 000 tCO₂-eq para el año 2050, cuando se tendrá el total del desarrollo de la vivienda del proyecto.

Las medidas de mitigación de GEI incluyen una amplia gama de posibles acciones. En este caso se evalúan las mismas dos medidas planteadas para las viviendas de Ciudad Verde: el reemplazo de una proporción de clínker del cemento por cenizas volantes y el reemplazo de ladrillos por bloques de tierra comprimida. Se definen dos escenarios de implementación: un escenario ideal (escenario A), en el que el 80 % de las edificaciones construidas durante el periodo de análisis implementan las medidas y otro escenario (escenario B), menos optimista, en el que solo el 40 % de las edificaciones las implementan. En la gráfica 6 se presenta el potencial de abatimiento resultante.

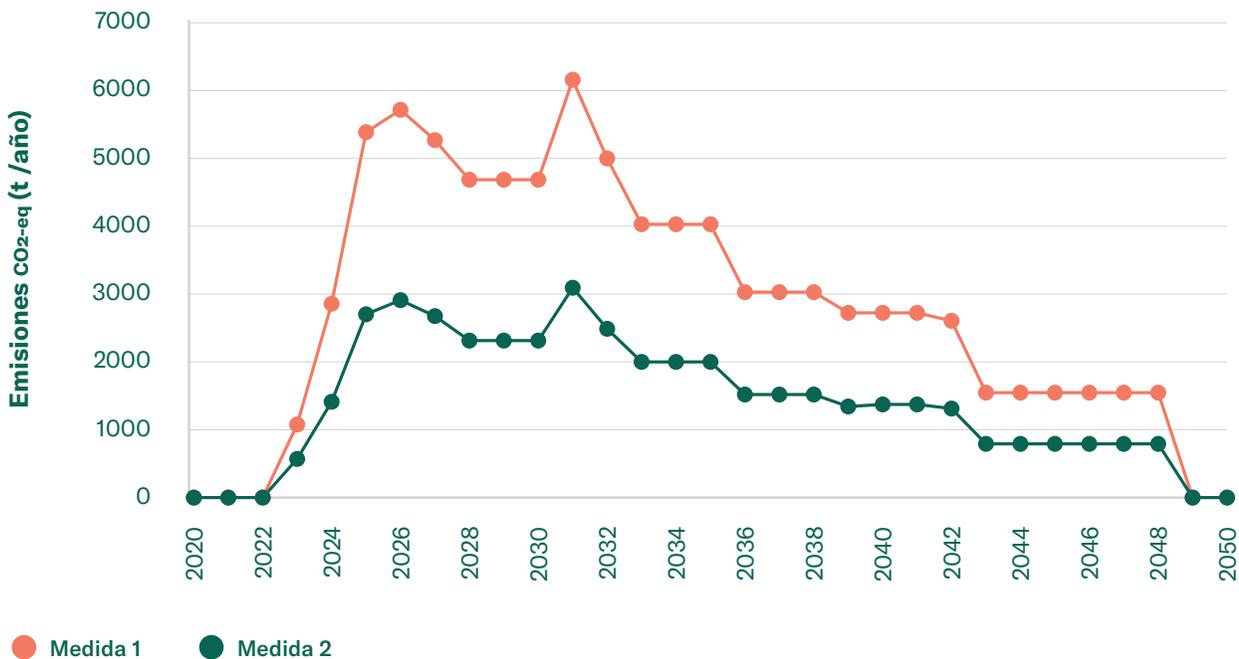
Para el abatimiento de emisiones en el escenario de operación residencial planteado para Lagos de Torca se propone la implementación de tres medidas de eficiencia energética y sustitución de combustibles para vis y vip: equipos de refrigeración; duchas eléctricas y calentadores de paso a gas por calentadores de paso eléctricos; y estufas de inducción eléctricas; y dos medidas para no vis: duchas eléctricas y calentadores de paso a gas por calentadores de paso eléctricos y estufas de inducción eléctricas. En los supuestos para la construcción de la línea base se consideró que la operación partiría en toda la vivienda con tecnología LED para iluminación y equipos de lavado eficientes, y, adicionalmente, en la vivienda no vis contarían con refrigeradores

Tabla 19. Emisiones asociadas a la operación de vivienda bajo diferentes escenarios de tamaño del hogar - 2050

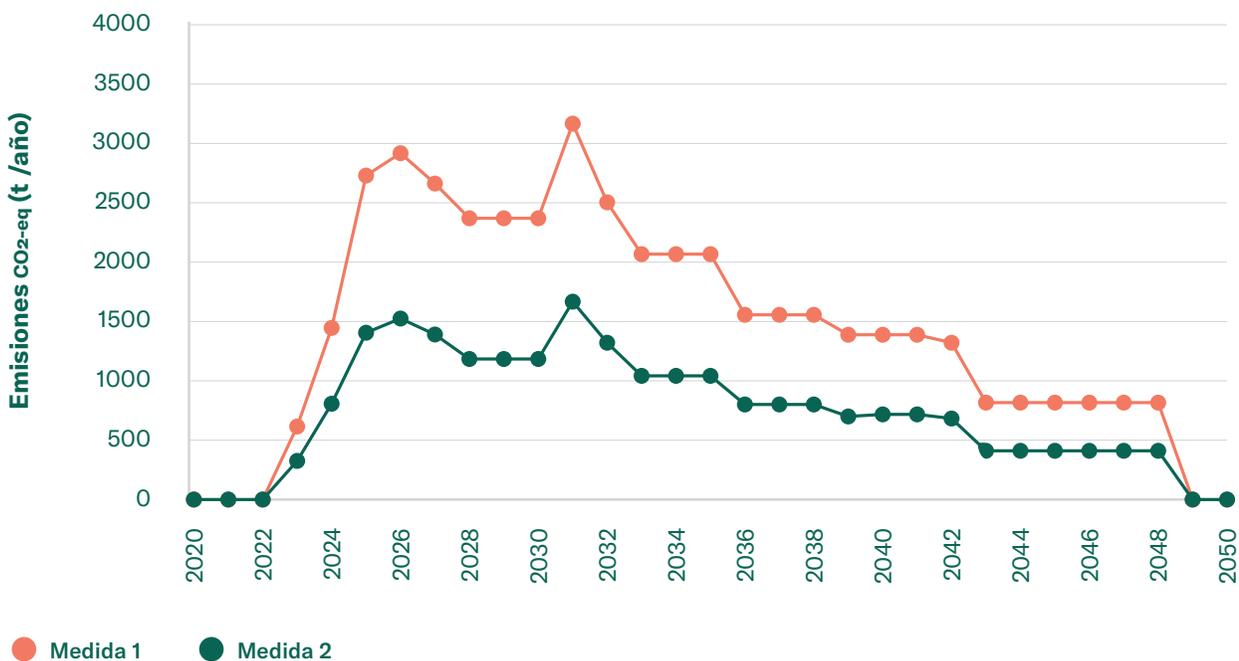
Tipo	Emisiones CO ₂ -eq (t/año)					
	Escenario moderado			Escenario de saturación		
	Electricidad	Gas	Total	Electricidad	Gas	Total
Vivienda vis y vip	15 004,88	20 405,71	35 410,60	16 413,32	24 997,41	41 410,73
Vivienda no vis	14 340,93	24 972,06	39 312,99	15 987,60	30 591,27	46 578,87
Totales	29 345,82	45 377,77	74 723,58	32 400,92	55 588,69	87 989,60
Escenario de confort	162 748	45 377	208 126	165 803	55 588	221 392

Fuente: elaboración propia.

Escenario A



Escenario B



Gráfica 6. Abatimiento de emisiones por medida en los escenarios considerados

Fuente: tomada del *Informe final*, cap. 7, pp. 122 y 123.

eficientes desde el inicio de la operación. La evaluación de estas medidas de mitigación se realizó para los dos escenarios de población planteados.

En el escenario moderado se tiene un potencial de abatimiento total de 398 497 tCO₂-eq. Del total, 76 546 tCO₂-eq corresponden a la medida de remplazo de neveras en vis y vip, y se genera un ahorro monetario por cada tonelada de emisiones abatida. El restante potencial de abatimiento tiene un costo entre 176 y 595 dólares por tonelada de emisiones, según la medida.

En el escenario de saturación, con la implementación de todas las medidas se tiene un potencial de abatimiento total de 423 573 tCO₂-eq. El abatimiento de 76 546 tCO₂-eq corresponde a la medida de remplazo de neveras en los segmentos vis y vip, que también genera ahorros monetarios por cada tonelada de emisiones reducida. Para lograr el potencial restante se requiere de una inversión entre 121 y 568 dólares por cada tonelada de emisiones.

Ejemplos de soluciones ya implementadas

En este capítulo se presenta un resumen de algunas de las iniciativas globales en la búsqueda de ciudades sostenibles, haciendo énfasis en los mecanismos de implementación para lograr dichos propósitos. También se incluyen algunos referentes en la reducción de los impactos negativos de desplazamientos (organización de las actividades) sobre la productividad, la calidad de vida y el medio ambiente, tales como París de 15 minutos y supermanzanas de Barcelona. Además, se presentan iniciativas particulares en algunas ciudades sobre la implementación de varias de las soluciones propuestas en la investigación para algunos de los sectores considerados.

Diseñar ciudades sostenibles es una tarea desafiante puesto que las ciudades son sistemas muy complejos con interrelaciones económicas, sociales, culturales, ambientales y de otro tipo, las cuales debe abordarse de manera integrada. La búsqueda de ciudades más prósperas, inclusivas y sostenibles se ve complicada por el cambio climático, que multiplica los riesgos ambientales existentes, socava la eficacia de la infraestructura existente y crea nuevas limitaciones de recursos. Las ciudades sostenibles no pueden alcanzarse por la iniciativa de una organización en particular, ya que requiere conocimientos completos e integrados. Además, demanda la cooperación de todos los actores —empresas privadas, gobiernos locales, regionales y nacionales, ciudadanía e institutos de investigación— para complementar el conocimiento y promover enfoques integrados.

Las ciudades pueden moverse más rápidamente que los niveles regionales y nacionales buscando implementar soluciones viables a nivel local. Con sus propios contextos locales (infraestructura local, cultura, instituciones y conocimiento) brindan espacio para actuaciones específicas en sus territorios en la búsqueda de un crecimiento sostenible. Las ciudades son centros de aprendizaje de los experimentos de adaptación y/o mitigación al cambio climático, y de la implementación de las acciones de descarbonización de estas, mediante la observación y el análisis de las interacciones entre tecnologías, usuarios, infraestructura e instituciones a escala de ciudad. Es por esto que son tan importantes las iniciativas de constituir redes de ciudades para el intercambio de conocimientos y aprendizajes a fin de que estas sean sostenibles.

Recientemente se ha acuñado el término de ciudades a prueba del futuro o ciudades preparadas para el futuro (*future proofing cities*), que en términos generales significa una ciudad con condiciones y desarrollos que la hacen resistente o resiliente a cambios en el futuro y adaptable a eventos inesperados. También se habla de ciudades preparadas para la emergencia climática. La prueba de futuro consiste en ayudar a las ciudades a responder a los riesgos para su prosperidad social y económica asociados con cambios ambientales complejos, como los asociados con el cambio climático. Es un concepto que involucra más la adaptación que la mitigación de los cambios que se avecinan, sin excluir las posibilidades de mitigación. Las ciudades deben actuar ahora para prepararse para el futuro y evitar o mitigar daños a largo plazo a sus economías y a los esfuerzos de reducción de la pobreza. Los peligros naturales, como las inundaciones y las sequías, las temperaturas extremas y la actividad de ciclones tropicales, el alto uso de energía y huella de carbono, y los riesgos para los sistemas regionales de apoyo como el agua, los alimentos y los ecosistemas naturales, ya afectan a las ciudades y se verán agravados por el cambio climático. Cuanto antes las ciudades tomen medidas para prepararse para el futuro, mejor.

Lo que se propone para lograr ciudades sostenibles y preparadas para el futuro

A continuación se presentan algunas de las propuestas para definir la trayectoria de las ciudades hacia ciudades sostenibles (o preparadas para el futuro o para la emergencia climática). La Coalición por la Transformación Urbana propone seis prioridades para la acción nacional, todas ellas relacionadas con las ciudades:

1. **Desarrollar una estrategia nacional integral**, centrada en ciudades compactas, conectadas y limpias y respaldada por una asociación genuina entre los gobiernos nacionales y locales, que podría erradicar la pobreza, reducir la desigualdad y evitar una catástrofe climática.
2. **Alinear las políticas nacionales con ciudades limpias**, conectadas y compactas. Las medidas clave incluyen eliminar las regulaciones de construcción y uso de la tierra que limitan una mayor densidad; reformar los mercados energéticos para descarbonizar la red eléctrica; alcanzar emisiones operativas netas cero en todos los edificios, con un uso mínimo de compensaciones de carbono; descarbonización de la red eléctrica; prohibir la venta de vehículos propulsados por combustibles fósiles; adoptar alternativas ecológicas al acero y el cemento; y alejarse de la construcción de viviendas independientes en ciudades establecidas.
3. **Fondear y financiar infraestructura urbana sostenible**. Las medidas clave incluyen la eliminación de los subsidios a los combustibles fósiles; establecer un precio del carbono de cuarenta a ochenta dólares por tonelada, que luego debería aumentar con el tiempo; trabajar con los gobiernos locales para establecer una cartera de proyectos rentables y seguros para el clima, con miras a anclar un desarrollo urbano compacto, conectado y limpio; ampliar los instrumentos de financiación basados en la tierra para financiar la infraestructura urbana sostenible y limitar la expansión sin planeación sostenible; y cambiar la predominancia de los presupuestos nacionales de transporte de la construcción de carreteras al transporte público y activo.
4. **Coordinar y apoyar la acción climática local en las ciudades**. Las medidas clave incluyen la aprobación de legislación que aclare explícitamente las funciones y los poderes de los diferentes niveles de gobierno, incluidas medidas para mejorar las opciones de ingresos de fuente propia; crear autoridades integradas de transporte y uso del suelo para las ciudades; fortalecer las capacidades locales para actuar sobre el cambio climático; autorizar a los gobiernos locales a introducir políticas y planes climáticos más ambiciosos que las políticas nacionales; constituir “entornos de prueba regulatorios” para las innovaciones con bajas emisiones de carbono en las ciudades; y asignar al menos un tercio de los presupuestos nacionales de investigación y desarrollo (I+D) para apoyar las prioridades climáticas de las ciudades.

5. **Construir un sistema multilateral que fomente ciudades inclusivas y sin emisiones de carbono.** Las medidas clave incluyen la ampliación de la acción climática colaborativa de las ciudades en las contribuciones determinadas a nivel nacional; exigir a todas las instituciones financieras internacionales que pongan fin a todo financiamiento de combustibles fósiles; asegurar que toda la asistencia internacional para el desarrollo esté alineada con las estrategias urbanas nacionales que sean compatibles con el Acuerdo de París y la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible; establecer un precio mínimo internacional del carbono; y ayudar a los gobiernos de las ciudades a acceder a la financiación pública internacional para un desarrollo con bajas emisiones de carbono y resiliente al clima (con una supervisión soberana adecuada).
6. **Planificar de manera proactiva una transición urbana justa.** Las medidas clave incluyen el fortalecimiento de la seguridad de la tenencia para los pobres urbanos; mejorar la resiliencia climática y la igualdad de género educando a todos los jóvenes; utilizar los ingresos de la reforma de los subsidios a los combustibles fósiles o los impuestos al carbono para compensar a las personas que soportan los costos de la acción climática; apoyar a los gobiernos locales para que pongan a disposición terrenos bien ubicados y equipados para las poblaciones urbanas en crecimiento; apoyar la mejora de asentamientos informales liderada por la comunidad; y anticipar, proteger y apoyar a la fuerza laboral del futuro, incluso mediante el desarrollo de planes de transición para los trabajadores y las industrias que utilizan combustibles fósiles.

Varios organismos internacionales proponen los siguientes pilares para que las ciudades alcancen la sostenibilidad:

1. El económico, que es el requisito para que la ciudad mantenga su posición competitiva y prospere en términos comerciales.
 - Crecimiento productivo verde.
 - Creación de empleo digno.
 - Producción y distribución de energía renovable.
 - Tecnología e innovación (I+D).
2. El medioambiental, que se refiere tanto a la “envoltura física” que tiene una ciudad como a la “huella” de esta, ya que se basa en los recursos básicos.
 - Manejo de bosques y suelos.
 - Gestión de residuos y reciclaje.
 - Eficiencia energética.
 - Gestión del agua (incluida el agua dulce).
 - Conservación de la buena calidad del aire.
 - Adaptación y mitigación del cambio climático.

3. Lo social, que se refiere a una buena calidad de vida para los ciudadanos, buena salud pública, mecanismos para abordar las privaciones y la desigualdad, y la creación de una comunidad o comunidades atractivas para vivir.
 - Educación y salud.
 - Comida y nutrición.
 - Viviendas y edificios ecológicos.
 - Agua y saneamiento.
 - Transporte público verde.
 - Acceso a energía verde.
 - Áreas de recreación y apoyo comunitario.
4. Se requieren instituciones sostenibles y mecanismos de gobernanza que se alinean con los objetivos de sostenibilidad a largo plazo. Abordar la dimensión institucional o de gobernanza es un componente importante de cualquier estrategia de sostenibilidad.
 - Planificación y descentralización.
 - Reducción de las inequidades.
 - Fortalecimiento de los derechos civiles y políticos.
 - Apoyo de vínculos locales, nacionales, regionales y mundiales.

Las intervenciones propuestas por las Naciones Unidas para alcanzar ciudades sostenibles son las siguientes:

1. Impulsar innovaciones de tecnología verde a escala de ciudad:
 - Sistemas con uso de tecnologías ecológicas para la movilidad urbana, eficiencia energética y de recursos.
 - Creación de innovaciones mediante el aprendizaje.
 - Fomento de cadenas de valor ecológicas y apoyo a las micro, pequeñas y medianas empresas (PYME).
2. Establecer la resiliencia climática en la planificación y gestión urbana:
 - Integrar los riesgos climáticos y las opciones de sostenibilidad en la planificación y gestión urbana.
 - Creación de capacidad para acciones de planificación urbana basadas en evidencias.
 - Mejorar el marco institucional urbano a nivel nacional para proporcionar enfoques sistémicos sobre planificación y desarrollo urbano mediante la armonización de diversas políticas sectoriales.
3. Promoción de la inclusión urbana:
 - Beneficios compartidos de la industrialización baja en carbono.
 - Enfoque integrado e inclusivo de la planificación y la gestión urbanas.
 - Equidad de género: ¿cómo podemos promover las cuestiones de género y juventud en la práctica de ciudades sostenibles?

4. Incrementar la asociación con diversos actores y desarrollar redes de ciudades:
 - Explorar mecanismos de financiación innovadores para las ciudades atrayendo al sector privado, el Gobierno nacional y otras posibles fuentes de financiación.
 - Gestión del conocimiento al reflejar diversas perspectivas de institutos de investigación, la sociedad civil, las ONG, el sector privado y el gobierno de la ciudad.
 - Compromiso de la comunidad para aumentar la conciencia y mejorar la capacidad de la sociedad civil para asegurar la inclusión social.

En Estados Unidos se propone un marco de metas para el desarrollo sostenible buscando ayudar a las ciudades a identificar prioridades y establecer objetivos a largo plazo. Los objetivos están diseñados para revelar los sistemas interdependientes que intervienen en el desarrollo sostenible, por ejemplo, cómo el uso de combustibles fósiles afecta no solo al cambio climático, sino también la calidad del aire y la salud pública, y, por lo tanto, las tasas de pobreza y las oportunidades económicas. Se propone un procedimiento para que las ciudades puedan armonizar objetivos comunes entre agencias. Los beneficios adicionales de este procedimiento incluyen encontrar brechas, definir prioridades en un proceso presupuestario, reducir las redundancias de programación y ahorrar recursos, y rastrear los resultados.

Cobeneficios de la acción climática en las ciudades

Se ha demostrado que los retornos por implementar acciones en las ciudades relacionadas con la mitigación y/o adaptación al cambio climático son realmente importantes. La implementación de estas acciones podría reforzarse cuando se hace una evaluación integral de los retornos más amplios de tales acciones, relacionados, por ejemplo, con los beneficios de un aire más limpio, una mejor movilidad, hogares con mayor confort térmico, mejores empleos y acceso a la energía, población más saludable, los llamados cobeneficios. Presentar un conjunto de acciones para la mitigación y/o adaptación al cambio climático incluyendo en su evaluación estos cobeneficios con bajas emisiones de carbono ayudaría a desbloquear el apoyo a las políticas y la acción acelerada de varias maneras. Podría permitir la incorporación de la política climática y su integración en áreas de políticas centrales, como el desarrollo económico, las finanzas, la infraestructura o la energía. Podría facilitar el surgimiento de enfoques coordinados y acciones concertadas a nivel nacional, regional y local. Podría generar cambios en las relaciones entre los sectores público, privado y cívico, poniendo en juego nuevas formas de colaboración para que se desarrollen las capacidades de cambio. Y podría desbloquear nuevas formas de inversión, reorientar los flujos financieros existentes y desbloquear el potencial de nuevas formas de financiación.

La Coalición por la Transformación Urbana identificó cobeneficios en salud pública, empleo, reducción de congestión y tiempos de viaje e inclusividad en tres sectores: eficiencia energética en edificios, transporte bajo en carbono y gestión sostenible de residuos, que representan sectores con emisiones de GEI importantes. Se encontró que los beneficios más amplios de la mitigación son comparables, o mayores, que los retornos económicos directos asociados con la reducción del gasto energético, tarifas de transporte, tarifas de usuario, etc.

Esta evidencia sugiere que los beneficios de estas medidas bajas en carbono se extienden mucho más allá de la reducción de emisiones. Los impactos económicos, sociales y ambientales más amplios pueden ser mucho más valiosos que los beneficios financieros asociados con la acción climática. Por lo tanto, un paquete de medidas que incluya de manera explícita los cobeneficios podría proporcionar una plataforma para un cambio más transformador al generar entusiasmo público por el desarrollo urbano bajo en carbono, así como las capacidades institucionales, los arreglos de financiamiento y el aprendizaje necesarios para una acción más ambiciosa.

Financiación de las acciones para lograr una ciudad sostenible

Hay varios modelos propuestos para lograr ciudades bajas en carbono y resilientes al cambio climático que incluyen, entre otras cosas, formas e infraestructuras urbanas eficientes, una gobernanza e instituciones eficaces y una financiación suficiente. Evitar las fallas del mercado que resultan de un crecimiento urbano mal administrado requerirá de un nuevo modelo de desarrollo urbano para muchas ciudades. La implementación de los modelos propuestos para llevar a las ciudades a un desarrollo sostenible demandará inversiones sustanciales en infraestructura urbana sostenible, compacta, conectada y coordinada. Si bien las opciones de infraestructura sostenible y las formas urbanas más compactas pueden implicar costos iniciales más altos, podrían generar ahorros a largo plazo. El Acuerdo de París sobre el cambio climático, los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, la Nueva Agenda Urbana de Hábitat III y el Marco de Sendai para la reducción del riesgo de desastres han subrayado, en consecuencia, la necesidad de un enfoque más estratégico para invertir en infraestructura pública que aproveche más el capital privado e institucional.

Sin embargo, muchas ciudades no podrán obtener la financiación necesaria para satisfacer la demanda de infraestructura para el desarrollo sostenible. Varias ciudades presentan barreras para lograr el financiamiento de los proyectos para la transformación

en ciudades sostenibles. Algunas de estas barreras institucionales son, por ejemplo, falta de capital público inicial, la inercia institucional y la falta de capacidad institucional, y las barreras de mercado serían el retorno de la inversión, el riesgo de esta y la información imperfecta. Esta brecha de inversión es particularmente aguda en los países en desarrollo y las economías emergentes debido a sus limitaciones fiscales. Estimaciones recientes de un cambio radical en la expansión de la infraestructura para respaldar la aceleración del crecimiento y el desarrollo sostenibles sitúan la brecha en las necesidades de financiación de los países en desarrollo entre 1,2 billones y 2,3 billones de dólares al año, un aumento de alrededor del 3-5 % del PIB de los países en desarrollo. Si se incluyen los costos de operación y mantenimiento, estas estimaciones podrían duplicarse.

Existe un interés y una demanda considerables por parte de los gobiernos nacionales y municipales, los donantes y el sector privado para desbloquear el financiamiento para el desarrollo urbano sostenible. Al mismo tiempo, existen importantes barreras de gobernanza y mercado que actualmente impiden el acceso a una amplia gama de finanzas públicas y privadas. La financiación urbana no se comprende bien y el potencial significativo de varios mecanismos de financiación urbana sigue sin aprovecharse.

Para implementar el plan de acción de preparación para el futuro de las ciudades, las partes interesadas deberán desarrollar un plan de negocios de financiación que coincida con las fuentes de financiamiento necesarias para permitir la implementación y el desarrollo de los proyectos y de las oportunidades identificadas dentro del plan. Es necesario estimar los costos para cada proyecto y/o cada intervención para tener una idea de la financiación que se requiere. Mientras con más detalle se estimen estos costos (niveles de diseño o factibilidad) más certeza habrá sobre el costo de los proyectos.

Se requerirá una variedad de inversiones en múltiples sectores, muchas de las cuales deberán estar respaldadas por nuevos modelos comerciales y de financiamiento. Las fuentes de financiación dependen de la tipología, de los sectores beneficiados, del alcance del proyecto y del sector relacionado con el mismo (energía, agua, saneamiento, movilidad, otros). Será necesario mezclar y combinar una gama de diferentes fuentes de apoyo financiero y no financiero. Los financiadores tienen criterios de elegibilidad específicos para el compromiso y la inversión, lo que significa que solo los proyectos que cumplan con sus criterios serán financiables.

Entre los mecanismos de financiación que se podrían usar para la transformación urbana estarían, entre otros, los instrumentos financieros, los instrumentos de política económica, los mecanismos de entrega de financiamiento, los modelos de financiamiento, los vehículos financieros y las estructuras de gobernanza. Ejemplos de estos mecanismos serían la descentralización fiscal, el financiamiento de deuda, la captura de valor de la tierra, la fijación de precios, la regulación, los estándares, los vehículos de inversión nacional y las asociaciones público-privadas.

A continuación se describen algunas fuentes de apoyo y financiación que han sido propuestas para el financiamiento de planes de acción en la búsqueda de la sostenibilidad de las ciudades:

- 1. Subvención de financiación.** El financiamiento mediante donaciones es una opción para apoyar el desarrollo y la administración de proyectos y su implementación cuando se requiere material y apoyo financiero para complementar el capital social. La financiación de subvenciones filantrópicas y de las ONG podría aprovecharse por medio de iniciativas como el programa Rockefeller 100 Resilient Cities o los requisitos impuestos en algunos países para que las empresas dediquen el 1 % de las ganancias a iniciativas de responsabilidad social corporativa (RSC), que es una oportunidad para que las ciudades involucren a las empresas para apoyar proyectos de manera conjunta. La cofinanciación de fondos estatales y nacionales, así como de instituciones financieras internacionales/donantes, pueden apoyar también proyectos con un componente de construcción de capital social.
- 2. Desarrollo de la capacidad para acceder y asegurar la financiación.** Para acceder a los fondos, las ciudades deberán desarrollar capacidades de recaudación de fondos y finanzas para aprovechar los fondos de manera más coordinada.
- 3. Descentralización fiscal.** Cuando existe capacidad, y es institucionalmente apropiada, la descentralización de la propiedad y otras formas de tributación pueden incrementar la eficiencia de las finanzas públicas y proporcionar a los municipios y las regiones mayores fuentes de ingresos sobre las cuales mantienen el control.
- 4. Fuentes estatales o de gobiernos regionales.** Los gobiernos regionales tienden a pagar los gastos en provisión de infraestructura a través de departamentos individuales vinculados a mejoras de sectores particulares. La mayoría de las veces, esto no tiene en cuenta la superposición de las funciones del departamento y los vínculos con los programas de otras agencias que pueden ser necesarios para implementar un enfoque integrado. El marco de coordinación de la ciudad propuesto ofrecería la capacidad de agrupar colectivamente los recursos financieros estatales para implementar proyectos. Un convenio colectivo de representantes nodales nacionales, estatales y municipales alinearía los objetivos y la ejecución de programas.
- 5. Fuentes externas de financiación.** Varios tipos diferentes de fuentes de financiación son relevantes para la ejecución de programas de preparación de proyectos y creación de capacidad, incluidos fondos y programas nacionales de los diferentes ministerios, y los relacionados con las misiones en el marco del plan de acción nacional sobre cambio climático. Los bancos nacionales de desarrollo, los bancos de inversión ecológicos y otros vehículos de inversión a nivel nacional, con un mandato específico para financiar la infraestructura urbana sostenible, tienen un potencial sustancial para combinar las finanzas públicas y privadas. Los programas de agencias de desarrollo internacionales y bilaterales, como el Banco Mundial, los bancos internacionales regionales y las agencias de cooperación internacionales, también tienen programas que ofrecen apoyo financiero para los tipos de iniciativas generalmente incluidas en los proyectos del plan de acción.
- 6. Mercado de bonos municipales.** En algunos casos, los mercados de bonos municipales son una opción de financiamiento de las ciudades. Sin embargo, en países en desarrollo, las corporaciones municipales pequeñas y medianas enfrentan obstáculos de calificaciones bajas, inversionistas reacios y regulaciones poco claras. Con la orientación nacional y con apoyo regulatorio, en asociación con organismos estatales, las ciudades podrían aprovechar el mercado de bonos para recaudar capital que apoye algunos de sus proyectos de infraestructura. Para hacer que los

proyectos sean invertibles y ganarse la confianza de los inversores, la ciudad debería demostrar transparencia en la gobernanza responsable y la entrega orientada a los objetivos, por encima del cumplimiento normativo obligatorio. El mercado de bonos podría utilizarse para financiar proyectos que requieran un horizonte de entrega y ofrezcan una rentabilidad menor.

7. **Financiamiento combinado y asociación público privada.** Algunas ciudades han creado fondos público-privados con participación de capital del sector privado que ofrece deuda para infraestructura cívica y tiene la tarea de mejorar los niveles de vida de la población. Estos fondos pueden ayudar a las ciudades a facilitar la participación del sector privado en la infraestructura a través de empresas conjuntas y asociaciones público-privadas, y la capacidad de la ciudad para acceder al financiamiento de deuda del mercado cuando sea necesario. La integración de la asociación de la ciudad puede ofrecer flexibilidad para empaquetar ciertos proyectos y servicios a través del mercado de bonos y las rutas de APP. Los proyectos podrían empaquetarse para ofrecer un rendimiento de la inversión que resultaría atractivo para la participación del sector privado. La gama de proyectos que pueden ser adecuados podría incluir el servicio de recolección de residuos sólidos con un centro de reciclaje, la producción de energía en un centro de residuos o la integración de energía renovable con la provisión de viviendas asequibles.
8. **Financiamiento y gravámenes basados en la tierra para permitir la recuperación de costos de la inversión en infraestructura pública.** La ciudad podría desarrollar vehículos de financiación conjunta para permitir proyectos de infraestructura y desarrollo de tierras (lotes, terrenos) basados en áreas, así como esquemas para la regeneración y renovación de infraestructura y desarrollo urbano dentro de áreas establecidas de la ciudad. Las propuestas podrían desarrollarse mediante la consolidación/reajuste de la tierra y los planes de planificación urbana y el aumento en el valor de la tierra creado al proporcionar infraestructura y desarrollar tierras. La financiación basada en la tierra podría vincularse, por ejemplo, a un bono municipal para financiar la planificación y la entrega de la infraestructura integrada para un nuevo barrio ecológico, incluida la adquisición de tierras, construcción de infraestructura y recuperación de inversiones mediante venta de terrenos, gravámenes y cobros a los usuarios.
9. **Financiamiento para apoyar programas de capital que no generan ingresos.** Programas de capital que incluyen componentes que no generan ingresos, como acciones sociales y ambientales que pueden ser necesarias para maximizar los beneficios de reducción de la pobreza y reducción del riesgo climático. Incluso se podría exigir que la inversión en infraestructura física sea eficaz para lograr los resultados previstos. En este caso, el financiamiento podría provenir de donantes internacionales y/o fondos, como el Fondo Internacional para el Clima (icf, por sus siglas en inglés), el Fondo Verde del Clima (gcf, por sus siglas en inglés) u otros mecanismos de financiamiento verde. Los mecanismos rotatorios de crédito y garantía operados por una serie de instituciones internacionales de desarrollo también pueden estar disponibles y proporcionarse a cambio de la entrega de mayores beneficios socioeconómicos y relacionados con el cambio climático.

Ejemplos de ciudades con iniciativas de desarrollo sostenible y preparación para el futuro

El índice de ciudades sostenibles (2018) califica las cien ciudades más sostenibles del planeta y ninguna colombiana aparece en la clasificación. En los primeros diez lugares aparecen ocho ciudades de Europa y dos de Asia, en los primeros cincuenta lugares hay veintiocho de Europa, seis de Asia, siete de Estados Unidos, cinco de Canadá, cuatro de Australia, y en la clasificación total (cien) aparecen treinta y tres ciudades de Europa, veinticuatro de Asia, veintidós de Estados Unidos, cinco de Canadá, cinco de Oceanía, siete de Latinoamérica y cuatro de África. La primera ciudad latinoamericana clasificada es Santiago de Chile en el puesto 77, seguida por São Paulo (78), Ciudad de México (79), Buenos Aires (81), Río de Janeiro (84), Lima (85) y Salvador (86). Las primeras diez urbes clasificadas por el índice de ciudades sostenibles son, en su orden, Londres, Estocolmo, Edimburgo, Singapur, Viena, Zúrich, Múnich, Oslo, Hong Kong y Fráncfort.

Muchas urbes han fijado como metas para su desarrollo sostenible las mismas metas establecidas por las Naciones Unidas en el Objetivo 11 (Ciudades sostenibles y comunidades) de los Objetivos de Desarrollo Sostenible para el año 2030. Estas metas son las siguientes:

- Garantizar el acceso de todos a viviendas y servicios básicos.
- Proporcionar acceso a sistemas de transporte seguros, asequibles, accesibles y sostenibles para todos.
- Mejorar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos.
- Redoblar los esfuerzos para proteger y salvaguardar el patrimonio cultural y natural del mundo.
- Reducir el número de muertes y afectados y las pérdidas económicas directas por desastres.
- Reducir el impacto ambiental per cápita adverso de las ciudades.
- Proporcionar acceso universal a espacios verdes y públicos.
- Apoyar los vínculos económicos, sociales y ambientales positivos entre las zonas urbanas, periurbanas y rurales fortaleciendo la planificación del desarrollo nacional y regional.
- Adoptar e implementar políticas y planes integrados para la inclusión, la eficiencia de los recursos, la mitigación y la adaptación al cambio climático, y la resiliencia a los desastres.
- Construcción de edificios sostenibles y resilientes utilizando materiales locales.

Muchas ciudades usan estas metas para construir sus planes de desarrollo sostenible y periódicamente hacen seguimiento a los logros obtenidos en el camino hacia la sostenibilidad. Por ejemplo, Buenos Aires realizó un proceso de priorización de metas de los ods en forma consultiva con participación de diversas áreas de gobierno, organizaciones destacadas de la sociedad civil y especialistas del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo. Otras ciudades, como Santiago de Chile y Ciudad de México, igualmente hacen propuestas de desarrollo sostenible buscando lograr las metas establecidas en los ods y realizan evaluaciones periódicas voluntarias para indicar sus logros en la sostenibilidad de estas. Río de Janeiro también ha definido un plan estratégico de desarrollo sostenible basado en los ods con varios programas específicos que se detallarán adelante. Río de Janeiro y São Paulo tienen una ley sobre política municipal de cambio climático basada en los ods. La priorización de los ods es la guía para la construcción de los planes de desarrollo a futuro de estas ciudades, estableciendo un esquema de implementación para lograr esas metas y haciéndoles seguimiento.

Las ciudades más sostenibles en el mundo, de acuerdo con el índice de ciudades sostenibles (ics), tienen en común metas ambiciosas para lograr la descarbonización y la resiliencia ante el cambio climático. Igualmente tienen una estructura de planificación muy arraigada con planes estratégicos para el desarrollo sostenible a corto, mediano y largo plazos, planes de acción y planes de implementación. Se identifican claramente las acciones a desarrollar y sus plazos de tal manera que se alcancen las metas en los tiempos establecidos. Se tiene un sistema de monitoreo y seguimiento que permite evaluar el logro de las metas y hacer los ajustes que se requieran. Londres y Estocolmo, por ejemplo, tienen metas para ser ciudades descarbonizadas (libre de combustibles fósiles) en veinte o treinta años, con acciones específicas que deben implementarse. Por ejemplo, en el plan de acción de descarbonización de Londres se resaltan las siguientes metas y el año en que se espera lograrlo: medidores inteligentes en cada casa (2020), reducción del 50 % de las emisiones de CO_2 (2027), cero residuos a los rellenos sanitarios (2026), toda la flota de vehículos pesados libre de combustibles fósiles (2030), toda la flota de buses de cero emisiones (2037), las redes de gas y electricidad alcanzan condición de cero carbón (2040), 2gw de energía solar instalados (2050) y cero emisiones de edificios, construcción y transporte (2050).

Londres, Estocolmo y Edimburgo buscan desarrollar entornos urbanos densos y cohesionados en los que los edificios y los espacios verdes funcionen juntos, lo que permitirá crear buenos entornos de vida. Generalmente, estas ciudades identifican zonas de actuaciones prioritarias para implementar acciones para el desarrollo sostenible. En el marco de sus planes han desarrollado una serie de estrategias para impulsar el desarrollo sostenible. Entre las medidas propuestas, y en camino de ser implementadas, se encuentran las siguientes: incrementar el número de edificios modernizados con medidas de eficiencia energética; instaurar políticas y programas gubernamentales sólidos para que los edificios alcancen los niveles requeridos de eficiencia energética; cualquier aumento en la demanda de energía debería compensarse con el despliegue de eficiencia energética y el uso creciente de tecnología inteligente para suavizar los picos de demanda; apoyar las energías renovables de pequeña a mediana escala, descentralizadas y basadas en la comunidad, y el mayor uso de la microgeneración de energías renovables; apoyar la entrega de las instalaciones necesarias para disminuir los desechos del relleno sanitario y promover la prevención, reutilización, reciclaje y

recuperación de materiales; descarbonizar el transporte y aumentar el uso del transporte público y activo, cambiar el enfoque de vehículos en movimiento a personas y mercancías en movimiento; mejorar la red verde de la ciudad fomentando las prácticas de gestión de la tierra que capturan, almacenan y retienen carbono, previenen y gestionan el riesgo de inundaciones; y desarrollar políticas y acciones que aborden la capacidad de adaptarse a un clima cambiante.

Singapur, la ciudad asiática más sostenible por mucho, tiene como guía para alcanzar el desarrollo sostenible el Plan de Singapur Sostenible, que incluye objetivos o programas como: ciudad apreciada y ecointeligente buscando ayudar a los residentes a mantener un estilo de vida ecológico y disfrutar de una alta calidad de vida; ciudad liviana de carros; ciudad sin residuos; una economía verde líder (prácticas más ecológicas); comunidad activa y amable; y va más allá, puesto que Singapur colabora con otros países para responder a los desafíos ambientales multifacéticos que enfrentamos. El Plan de Singapur contempla metas específicas y detalladas que deberán haberse obtenido en el año 2030. Por ejemplo, en el tema de movilidad proponen: duplicar las vías para bicicletas, incrementar en un 80 % la red de trenes (eléctricos), incrementar en un 20 % la proporción de hogares a diez minutos de caminata de estaciones de tren e incrementar en un 9 % los viajes que comparten transporte público.

Otras ciudades han enfrentado el reto del desarrollo sostenible proponiendo modelos específicos de desarrollo y enfocando todos sus esfuerzos en su implementación. Los ejemplos más notorios de este camino son París con su propuesta París ciudad de 15 minutos y Barcelona con las supermanzanas, que en ambos casos son modelos orientados a tener ciudades de proximidad, buscando que todas las necesidades y servicios requeridos por los habitantes de una zona se encuentre relativamente próximos (accesibles en poco tiempo). La propuesta está basada esencialmente en la revitalización de los servicios de cortas distancias, quince minutos en movilidad activa (a pie o en bicicleta) basada en cuatro criterios: redescubrir todos los recursos de proximidad, utilizar los metros cuadrados existentes más y mejor, darle a cada lugar múltiples usos y reapropiarse del espacio público para hacer de él lugares de encuentro, de vida.

La “ciudad de 15 minutos” en París comienza por hacer que las calles más importantes sean inaccesibles para vehículos de combustión interna; convirtiendo las intersecciones actualmente obstruidas por el tráfico en plazas peatonales y creando “calles para niños” alrededor de las escuelas. Las calles peatonales o con tráfico reducido con vegetación y diseño para caminar y pasear, y las calles para niños sin tráfico automotor para prolongar las áreas de juego sin peligro y favorecer la actividad y encuentro físico. Abrir las escuelas los fines de semana para transformar su uso y convertirlas en vector de cambio. La creación de kioscos ciudadanos de proximidad como referentes de la presencia municipal, los platós artísticos, que pueden ser fijos o móviles para integrar la cultura urbana de proximidad, abrir la alcaldía con salas abiertas como lugar de estudio y encuentro, complementarias de los horarios de bibliotecas, el acompañamiento a las personas de tercera y cuarta edad para mejorar sus condiciones de vida, los centros sociales y deportivos mezclando vida social y deportiva, el apoyo a los comercios de barrio con la creación de un establecimiento municipal gestionando su catastro y propiedad, un servicio municipal de policía sin armas letales, con paridad de género y formación para mediar y estar presente, entre muchas otras cosas.

Las supermanzanas de Barcelona son células urbanas de unos cuatrocientos por cuatrocientos metros, lo que reduce al mínimo el tráfico motorizado y el aparcamiento de vehículos en superficie, y da la máxima preferencia a los peatones en el espacio público. El tráfico motorizado circula por las vías perimetrales, mientras las calles interiores se reservan al peatón y, en condiciones especiales, a cierto tipo de tráfico como vehículos de residentes, servicios, emergencias, carga y descarga. La supermanzana se perfila, por tanto, como una solución integral que une urbanismo y planificación de la movilidad con el objetivo principal de limitar la presencia del vehículo privado en el espacio público y retornar este al ciudadano. La aplicación de las supermanzanas se traduce en una mejora de la calidad urbana mientras se reduce el impacto ambiental. También aumenta la calidad de vida de vecinos y visitantes, y se incrementa la cohesión social y la actividad económica.

Como se puede observar, estos dos modelos de desarrollo sostenible (París en 15 minutos y las supermanzanas de Barcelona) son bastante similares. Se trata de repensar las ciudades en términos más amables. No se trata de segregar, ni mucho menos de confinar a la gente en su barrio.

Las ciudades de proximidad son ciudades compactas, aquellas que concentran un gran número de población en un espacio relativamente reducido, buscando disminuir las distancias que deben cubrir sus habitantes cada día. Estas ciudades poseen centros compactos en los que se realiza un elevado número de desplazamientos, rodeados por otras capas en las que el movimiento y la densidad van disminuyendo. En estas ciudades se utiliza más el transporte público y se cubren más trayectos a pie o en bicicleta. También existe correlación entre una organización jerárquica de la movilidad y menor contaminación, salud ciudadana e integración de las distintas comunidades de habitantes. Incluso el uso de sus infraestructuras es más eficiente que en las ciudades dispersas. Todas estas son características que indican que nos encontramos ante un espacio urbano sostenible. Se busca pasar de un espacio urbano monofuncional hacia una ciudad policéntrica. La propuesta tiene bastante sentido, pues la calidad general de vida en muchas grandes ciudades solo sufre deterioro con el paso de los años, impulsado especialmente por el tiempo que se pierde en los desplazamientos.

Otras ciudades han introducido planes similares de “20 minutos”, como Melbourne en Australia o Copenhague en Dinamarca. Muchas ciudades de tamaño medio deberían apropiarse del concepto y estimular nuevas y más amables formas de vivir, con base en la propuesta de París de 15 minutos.

São Paulo y Río de Janeiro son dos de las ciudades latinoamericanas mejor clasificadas como ciudades sostenibles, sus planes tienen como pilares las indicaciones contenidas en los Objetivos de Desarrollo Sostenible, especialmente el Objetivo 11. Ambas ciudades tienen, desde hace varios años (2009), una ley sobre política municipal de cambio climático, la cual se constituye en un marco de actuación bastante amplio de acciones para hacer a las ciudades más resilientes ante el cambio climático, incluyendo la formulación, adopción e implementación de planes, programas, políticas, metas y acciones restrictivas o de incentivos, involucrando agencias públicas e incluyendo alianzas con la sociedad civil. Algunas políticas para resaltar de estas leyes de cambio climático son: promoción del uso de energías renovables y sustitución gradual de los combustibles fósiles; integración de normas urbanísticas y de ordenamiento territorial; intensificación

del uso del suelo de manera equilibrada en relación a la infraestructura y equipamientos; transporte y medio ambiente; priorización de la circulación del transporte público; protección y expansión de sumideros y reservorios de gases de efecto invernadero; uso de instrumentos económicos, tales como exenciones fiscales, subsidios e incentivos y financiamiento, con miras a mitigar las emisiones de gases de efecto invernadero, fomentar la minimización de la cantidad de residuos generados, la reutilización y el reciclaje de los residuos urbanos, la reducción de la nocividad y el tratamiento y depósito ambientalmente adecuado de los residuos restantes, y promover la forestación de vías públicas y aceras públicas, ampliar el área permeable, así como la preservación y recuperación de áreas de interés para drenaje.

Un aspecto para resaltar de estas políticas es la propuesta de instrumentos financieros como incentivos para impulsar la implementación de las medidas propuestas. Con base en este plan para enfrentar el cambio climático tanto São Pablo como Río de Janeiro establecieron unas directrices. Los principales elementos de estas directrices, relacionados con la investigación desarrollada por la Universidad de los Andes, son: priorizar el desarrollo de ciudad compacta, priorizar los modos activos de movilidad y el transporte público, promover la adopción de fuentes de energía renovables, aprovechamiento energético del procesamiento de residuos sólidos urbanos, promover y fomentar estándares de eficiencia, conservación y uso racional de los recursos naturales en edificios nuevos y existentes, priorizar acciones estructurales y no estructurales relacionadas con macro y microdrenaje, priorizar la recolección y reutilización del agua de lluvia, establecer pautas para el desarrollo de una economía urbana baja en carbono, y estudiar la viabilidad de crear incentivos económicos y fiscales para el uso de fuentes de energía renovables.

Dentro del Plan de Desarrollo Sostenible de Río de Janeiro hay varios programas que vale la pena resaltar, como *Rio + Sustentável*, *La ciudad por el clima* y *Reinvent Rio*. *Rio + Sustentável* consiste en la implementación de iniciativas que tienen en cuenta los efectos del cambio climático y cuyo objetivo es proteger el medio ambiente y la población. Gracias al proyecto se ejecutarán programas como IPTU Verde, una exención fiscal parcial para quienes incluyan medidas para reducir los impactos ambientales en edificios y renovaciones. Con *Rio + Sustentável*, la ciudad asumió el objetivo de emitir certificaciones de construcción sostenible para el 10 % de los nuevos edificios para el 2020 y reducir las emisiones de gases de efecto invernadero en un 20 % para ese mismo año, en comparación con los niveles del 2005. La ciudad por el clima, a su vez, prevé acciones municipales de resiliencia y enfrentamiento al cambio climático. Este proyecto incluye iniciativas que integran estratégicamente diferentes agencias para mejorar el uso de los espacios públicos con prácticas y soluciones urbanas sostenibles, incluyendo el seguimiento de los resultados con base en indicadores de sostenibilidad y cambio climático. El proyecto *Reinvent Rio* busca fomentar el desarrollo neutro en carbono en proyectos de diseño arquitectónico o urbano, con el objetivo de mejorar la eficiencia de los edificios.

Un proyecto de investigación del Centro de Investigación Cooperativa para Ciudades Sensibles al Agua (crcwsc) reunió a destacados estrategas, formuladores de políticas, profesionales y académicos en seis ciudades de Australia (Perth, Sydney, Adelaide, Townsville, Gold Coast y Bendigo) para detallar visiones locales para una ciudad sensible al agua y desarrollar estrategias de transición para guiar los cambios necesarios para

hacer realidad esa visión. En la ciudad sensible al agua, los servicios del sistema de agua son fundamentales para permitir amplios resultados aspiracionales para una ciudad, como personas y lugares saludables; ecosistemas prósperos y protegidos; uso de recursos sostenibles y eficientes a través de infraestructura adaptativa; y economías innovadoras y fuertes. Si bien todavía no existe en el mundo una ciudad sensible al agua, el concepto ha capturado la imaginación de la gente como una forma de reconocer la centralidad del agua para las ciudades futuras prósperas. En muchos lugares de Australia, la ciudad sensible al agua se está convirtiendo en un objetivo estratégico. Sin embargo, crear ciudades sensibles al agua es un desafío. Requiere un cambio significativo de los modos convencionales del servicio de agua, que generalmente involucran redes de tuberías centralizadas a gran escala diseñadas para abordar objetivos únicos de suministro de agua, alcantarillado y drenaje. Este tipo de redes siguen siendo importantes en una ciudad sensible al agua, sin embargo, la entrega de beneficios más amplios requerirá la integración de tecnologías descentralizadas y basadas en la naturaleza que sean eficientes, flexibles y adaptables, y estén diseñadas de manera sensible a los entornos urbanos locales y responda a los valores de la comunidad. La transición hacia una visión de ciudad sensible al agua requiere, por lo tanto, cambios significativos en las estructuras, culturas y prácticas que sustentan la planificación, el diseño y la gestión de los sistemas de agua y los desarrollos urbanos.

Las ciudades, en la búsqueda de su sostenibilidad, también han avanzado en la implementación de las soluciones sectoriales descritas anteriormente y propuestas en la investigación. Como ejemplo se presentan algunas ciudades que han implementado estas soluciones en el sector de aguas:

- En Leicester, Reino Unido, en la zona urbana de North Hamilton, específicamente en un desarrollo urbano de 56 hectáreas cuyo uso principal es residencial, se implementó un esquema de subs para manejar la planicie de inundación de Melton Brook, promover el uso de corredores verdes para uso recreacional e imitar patrones de drenaje natural. Para garantizar el mantenimiento en el largo plazo se realizó un convenio con una empresa privada.
- La expansión este de Dunfermline, Reino Unido, tiene un área de 550 hectáreas y se planteó como un plan a veinte años para el desarrollo de un área con usos mixtos (por ejemplo, industrial, comercial, residencial y recreativo). El uso de subs se planteó con el objetivo de proteger la calidad del cuerpo de agua receptor y para reducir los costos del manejo de la escorrentía. Como resultado se obtuvo una mejora en la calidad del agua pluvial y los subs se integraron al espacio público a través de su ubicación estratégica. Las responsabilidades sobre el mantenimiento se distribuyeron provisionalmente entre actores públicos y privados de acuerdo con la ubicación de estos.
- El proyecto Avalon Green Alleys Network en Los Ángeles, Estados Unidos, constituye un ejemplo de readaptación de la infraestructura en un área urbana con el fin de mejorar su calidad. El proyecto involucró la transformación de seis segmentos de callejones para crear una red que permitiera conectar viviendas y equipamientos a partir de la implementación de subs. De este modo incrementa el espacio público y mejora la calidad de la escorrentía en la cuenca. Se destaca la integración de la comunidad en el proyecto desde etapas tempranas (seis años antes del inicio

de la construcción) por medio de eventos colaborativos y material didáctico. Esto permitió cambiar la percepción negativa de los callejones y aumentar su compromiso con el proyecto.

- Fitzgibbon Chase en Brisbane, Australia, corresponde a un desarrollo urbano de 1300 viviendas ubicadas en un área de aproximadamente 295 hectáreas. Este proyecto se planteó con el objetivo de generar vivienda asequible y ensayar innovaciones de desarrollo sostenible. En este sentido se buscó minimizar el uso de agua, maximizar la infiltración y manejar la cantidad y la calidad de la escorrentía producida en el área. Con este fin se estableció un sistema de suministro híbrido, que combina soluciones centralizadas y descentralizadas, e incluye el aprovechamiento de agua pluvial a escala de subcuenca y de edificio.
- En los últimos años, la gestión del agua en la ciudad de Dunedin en Florida, Estados Unidos, ha ido incorporando la visión del manejo integrado del agua. Allí, la relación de las instalaciones de suministro y aguas residuales creó oportunidades para reúso y reciclaje del agua. Dentro de las estrategias se destaca la protección del agua subterránea mediante un mayor número de pozos y una menor profundidad de abstracción. Así mismo, se redujo el uso del agua mediante elementos eficientes, estrategias educativas, reglamentación sobre la irrigación, lectura automática de medidores y reemplazo de tuberías viejas para reducir las pérdidas. A su vez, se aumentó el reúso de agua a partir del empleo del agua residual de la ósmosis inversa como fuente de agua reclamada para irrigación. En cuanto al reciclaje de agua, en época seca se cubre el 100 % de la demanda de irrigación con agua reciclada proveniente de la planta de tratamiento de aguas residuales. Adicionalmente, se ha llevado a cabo un proceso de integración del manejo del agua a nivel técnico e institucional.
- El desarrollo urbano Jenfelder au en Hamburgo, Alemania, corresponde a 830 viviendas en 35 hectáreas localizadas en una zona que originalmente contenía barracas militares y que se encuentra rodeada de vivienda de interés social. En el área se proyectaron usos adicionales al de vivienda, incluyendo oficinas, instalaciones municipales, restaurantes, cafés, tiendas y guarderías. La estrategia para el manejo del agua sigue el concepto de estructura descentralizada e integrada, junto con un sistema centralizado para el manejo de agua residual. Adicionalmente, esta estrategia está ligada con la producción de energía. Para el manejo de agua residual se propuso un sistema de vacío para los sanitarios, que opera con un sexto del agua requerida en un sanitario convencional. Las aguas negras son transportadas a una planta de tratamiento que cuenta con un reactor de mezcla completa (CSTR). A su vez, el contenido de trampas de grasas es conducido a la planta, ya que el proceso de tratamiento incluye la generación de energía en una planta de cogeneración (CHP). Las aguas grises son recolectadas y tratadas de manera separada. Por otro lado, el agua lluvia es recolectada y transportada a una cascada ubicada en el área verde principal y, posteriormente, es descargada a un pondaje húmedo.

Ciudades sostenibles en la pospandemia

La emergencia creada por la pandemia de la covid-19 ha generado un gran debate mundial sobre cómo deberían ser las ciudades para enfrentar de mejor manera una situación como la que estamos viviendo. El cese de actividades económicas y la drástica disminución de la movilidad ligada al encierro han tenido un evidente impacto ambiental en las ciudades. Menos emisiones de gases de efecto invernadero, mejor calidad del aire y una incipiente renaturalización de las áreas urbanas han sido mejoras significativas en la calidad ambiental urbana. Ahora, cuando comienzan a reanudarse las actividades normales, enfrentamos el doble desafío de superar una crisis socioeconómica y preservar la calidad ambiental adquirida durante el encierro. A continuación se presenta una reflexión preliminar sobre este tema. La pregunta que surge es ¿cómo serán las ciudades tras este experimento de confinamiento, distancia física, higiene compulsiva y desescaladas por territorios? Sostenibilidad, proximidad y flexibilidad parecen ser las claves.

La emergencia sanitaria y el estado de alarma nos han confirmado que sería deseable cubrir todas nuestras necesidades sin alejarnos mucho de nuestra vivienda, reforzando a largo plazo el concepto de ciudad de proximidad. Las ciudades policéntricas o con espacios urbanos autónomos, como la propuesta de supermanzanas de Barcelona, de ciudades con zonas o bloques compactos, o el París de 15 minutos, podrán ser convenientemente aisladas sin interferir con el resto, y sin necesidad de extender el confinamiento a toda la ciudad. Estos espacios urbanos autónomos pueden adaptarse rápidamente y responder por sí mismos a retos como los confinamientos o la trazabilidad de los contagios.

La transformación que nos traerá la covid-19 consistirá en acelerar el viaje de las ciudades hacia la sostenibilidad, que está directamente relacionada con la salud. Este enfoque propone mejorar los entornos urbanos para facilitarle a la población el acceso a las opciones más saludables. Por ejemplo, las políticas que promueven el transporte sostenible y activo, es decir, caminar o ir en bicicleta, favorecen la actividad física y reducen el sedentarismo, así como disfrutar de menores niveles de contaminación. En el entorno actual, además, este tipo de desplazamientos ayudan a prevenir la propagación de la pandemia, porque permiten mantener la distancia social.

Las ciudades con espacios urbanos autónomos o ciudades de proximidad ayudarán a la transformación de otro aspecto fundamental: la movilidad de las ciudades. El actual sistema de transporte de alimentos, materiales, personas y energía es inviable y ha contribuido a degradar la calidad de vida, acelerando aspectos como el cambio climático, la contaminación o la disminución de los servicios que nos suministran los ecosistemas, lo cual favorece no solo la aparición sino también la difusión de las pandemias. En una ciudad de proximidad, los desplazamientos se hacen básicamente caminando o en bicicleta por lo que el espacio dedicado a los vehículos a motor se ve notablemente reducido.

Nuestra manera de comprar o las zonas verdes son otros dos aspectos que pueden cambiar para siempre después de esta pandemia. Entre otras razones, porque el periodo de confinamiento nos ha llevado a mirar más hacia los espacios públicos naturales. También ha catapultado el comercio electrónico, incluso entre segmentos de la población que no solían utilizarlo. Probablemente, muchos centros comerciales se reconvertirán en centros de distribución de productos a domicilio. En una ciudad de proximidad, las tiendas tradicionales podrán subsistir sin apreciables dificultades. Se mantendrán y aumentarán en número y dimensiones las zonas verdes.

La ciudad sostenible para la pospandemia debe incluir las siguientes consideraciones o tener las siguientes características:

- Resiliente, la planificación urbana debe cambiar de un enfoque reactivo a las emergencias a una preparación y toma de decisiones proactivas, preparando a las ciudades para un futuro impredecible e impensable. Comprender las intercorrelaciones entre sistemas será clave para abordar la complejidad necesaria para un diseño urbano adecuado, y unas mejores plataformas de datos pueden proporcionar conocimientos reales y capturar información crítica.
- Policéntrica, ciudades de proximidad compactas. Las ciudades compactas son más vulnerables a la propagación del virus debido a sus altos flujos e interacciones. Aunque, precisamente, esa densidad hace que las ciudades sean más eficientes a la hora de brindar servicios y soluciones a las crisis.
- Tiempos de desplazamientos dentro de las zonas o centros o manzanas muy reducidos (quince a veinte minutos) para satisfacer la gran mayoría de necesidades.
- Movilidad activa (caminando o en bicicleta) dentro de las zonas o centros o supermanzanas. Impulsar la movilidad sostenible repensando los usos del espacio urbano a favor de modos de transporte activo (bicicleta, a pie), y reforzando el transporte público para ofrecer más opciones.
- Movilidad reducida con transporte público dentro de zonas urbanas o hacia los centros de servicio.
- Las ciudades deben acelerar el camino hacia la sostenibilidad y deberían usar la Agenda 2030 como una hoja de ruta. El futuro que aguarda a las ciudades es complejo y un marco como los ods pueden proporcionar orientación sobre hacia dónde nos dirigimos y cómo planificar nuestras ciudades.
- Más y mejores zonas verdes.
- Cambio en la manera de comprar, mayor uso del comercio electrónico y servicios a domicilio.
- Incremento notable en la seguridad vial.
- Disminución notable de la contaminación. Las ciudades con cero emisiones estarán más preparadas para el futuro. Ya existen estudios que relacionan la contaminación atmosférica con un mayor impacto en la salud pública y mayor impacto del virus.
- Incremento del teletrabajo.
- El renacimiento de la desglobalización, ciudades circulares y autosuficientes. Las restricciones de movilidad debido a la pandemia han puesto de relieve la fragilidad de las cadenas de suministro globales. Al mismo tiempo que el mundo necesita la cooperación global y el intercambio de conocimientos para enfrentar la pandemia actual, las ciudades están viviendo un renacimiento del compromiso local para ser más resilientes.

Conclusiones

Con base en la revisión de las experiencias internacionales relacionadas con la implementación de iniciativas de sostenibilidad en las ciudades, sus estrategias y las acciones o los proyectos propuestos, y su relación con lo realizado en este estudio, se plantean las siguientes conclusiones:

- Hay un reconocimiento generalizado de que las ciudades son la clave para abordar el camino hacia su sostenibilidad. Hay un entendimiento de que se puede lograr un futuro bajo en carbono.
- No existen soluciones estándar para ciudades sostenibles. Cada solución debe adaptarse y validarse en el contexto local, y cualquier estrategia para implementar la visión de ciudad sostenible debe ser formulada y liderada por los principales actores de la ciudad. Se requiere conocimiento del contexto local, políticas y alternativas técnicas, e investigación relevante sobre políticas, para evaluar y decidir entre alternativas.
- Las ciudades sostenibles requieren un enfoque doble: de arriba hacia abajo (dirigido por los gobiernos) para construir cimientos, y de abajo hacia arriba (impulsado por las comunidades) para llevar a cabo iniciativas locales específicas.
- Las estrategias encontradas en esta revisión son a nivel de ciudad, en muy pocas ocasiones hay planteadas estrategias para niveles inferiores de ciudad (vecindarios, barrios, proyectos habitacionales, otros). Entonces, las acciones o proyectos propuestos son a escala de ciudad. En este sentido, la estrategia planteada en este estudio de intervenciones a nivel de grandes proyectos urbanísticos es bastante novedosa y obliga a un mayor detalle en las acciones propuestas.
- La propuesta en la investigación de trabajar sectorialmente es algo reconocido en las diferentes iniciativas internacionales. Los sectores de agua, energía, residuos, movilidad y edificaciones son reconocidos como sectores de primera importancia en la definición de las acciones encaminadas a la sostenibilidad de las ciudades. Aunque se mencionan algunas acciones orientadas a temas ambientales de manera sectorial, no hay una orientación como la propuesta en esta investigación sobre el tema de ecología urbana. En las propuestas revisadas, las palabras ecología y ecosistemas son palabras muy poco referenciadas. La propuesta y el enfoque sectorial de ecología urbana es, entonces, algo muy novedoso en la búsqueda de ciudades sostenibles.
- Los proyectos planteados en la investigación en cada uno de los sectores considerados, con excepción del sector denominado ecología urbana, coinciden con acciones o proyectos también propuestos en diferentes iniciativas internacionales para la búsqueda de ciudades sostenibles. Los proyectos propuestos en la investigación en el sector de ecología urbana son también proyectos novedosos para incluir en el portafolio de acciones para las ciudades sostenibles.

- En la investigación se utilizan una serie de herramientas de evaluación, análisis, priorización e identificación de acciones, básicamente constituidas por indicadores, modelos y contabilidad de emisiones. Aunque en la revisión realizada a nivel internacional generalmente no se mencionan las herramientas utilizadas, es muy probable que todas se usen en los diferentes casos de estudio. De todas maneras, la aplicación de indicadores y modelos a nivel de proyectos urbanos es algo muy novedoso en la evaluación y el análisis de ciudades sostenibles.
- La financiación de las acciones o los proyectos para la transformación de las ciudades hacia la sostenibilidad es reconocida como algo de importancia significativa. Estas, generalmente, tienen un portafolio importante de posibilidades de financiación de proyectos o acciones para lograr la sostenibilidad. El diseño del esquema de financiación del plan de acción hacia la sostenibilidad de las ciudades es algo de absoluta importancia y se tiene que hacer en el detalle y con la seriedad requerida para que el tema financiero no se vuelva una barrera.
- Varias ciudades presentan barreras para lograr el financiamiento de los proyectos para su transformación en ciudades sostenibles. Algunas de estas barreras institucionales son, por ejemplo, falta de capital público inicial, la inercia y capacidad institucionales, y las de mercado son el retorno de la inversión, el riesgo de esta y la información imperfecta.
- Dado que las ciudades tienen diferentes niveles de madurez en las diferentes dimensiones, la estrategia debe incluir que las partes interesadas acuerden las áreas prioritarias. Las estrategias también deben estar informadas por el “metabolismo urbano”, es decir, cómo la ciudad produce, transforma y consume materiales, energía, capital y otros recursos. La transformación debe progresar dentro y a través de estas dimensiones, y mientras se avanza en una dimensión no debería deteriorarse otra.
- Es una prioridad desarrollar una capacidad consolidada de preparación y monitoreo de proyectos en las ciudades, como una importante estrategia para la implementación de los proyectos del plan de acción. Generalmente, estas ciudades tienen recursos humanos y financieros internos muy limitados para desarrollar, administrar e implementar proyectos y programas. Dada la escala de proyectos y programas que se desarrollarán e implementarán en las ciudades durante un periodo sostenido de años, existe la necesidad de mejorar la gestión de proyectos y programas y las capacidades de coordinación en las ciudades y de gestión de la financiación del plan de acción.
- Para promover la sostenibilidad en las ciudades inteligentes deben existir plataformas de intercambio de conocimientos que promuevan buenas prácticas relacionadas con la gobernanza, el transporte, el agua, el alcantarillado, la electricidad, la movilidad, el medio ambiente, la planificación urbana, la cohesión social, la calidad de vida, la participación ciudadana, la infraestructura digital y la contextualización.
- Es de primera importancia la acción del Gobierno (definiciones, regulación, leyes y financiación) para apoyar el desarrollo sostenible de las ciudades.

Necesidades, barreras y propuesta de soluciones

El desarrollo sostenible de las ciudades abarca muchos aspectos de la vida cotidiana de individuos y comunidades, los cuales incluso trascienden los límites físicos de sus entornos de vivienda (urbanizaciones, barrios, comunas, otros). El camino hacia el desarrollo sostenible es complejo y abarca diversos aspectos sociales, económicos, de salud, educación, cambio climático, entre otros. Los Objetivos del Desarrollo Sostenible de la onu (2015) representan un marco complejo de actuación con una gran cantidad de barreras, necesidades y soluciones para evolucionar hacia el desarrollo sostenible. El ods 11 busca lograr ciudades más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles, e incluye una serie de metas a ser alcanzadas por las ciudades para el año 2030. Muchas ciudades del mundo incluyeron en sus planes de desarrollo sostenible estos ods y sus respectivas metas al año 2030. El logro de las metas establecidas depende de los contextos sociales, políticos y culturales de cada ciudad y, obviamente, de los recursos destinados a estos esfuerzos. En este sentido, cada ciudad debe diseñar sus propios planes, estrategias y proyectos para alcanzar las metas que finalmente se definan.

La propuesta de trabajo para lograr las metas de los ods en el 2030 es, en muchas ciudades, en dirección *top-down* (de arriba hacia abajo): se empieza por políticas y acciones a nivel nacional y se va luego bajando con acciones a niveles territoriales y locales. Nuestra propuesta de trabajo es en dirección *bottom-up* (de abajo hacia arriba) y está referida a las acciones a desarrollar en el entorno o en el espacio de los proyectos urbanísticos de gran escala para su sostenibilidad, sin hacer referencia a los aspectos socioeconómicos que trascienden los límites de estos desarrollos. Pensando en lograr el desarrollo sostenible no pueden ignorarse las vastas diferencias entre una mirada global y una local con escalas, expectativas y resultados diferentes. La dificultad de integrar las miradas global y local no puede subestimarse. Lo que parece necesario es un nuevo tipo de “nociones intermedias/híbridas” para sincronizar las lecturas de arriba hacia abajo y de abajo hacia arriba.

Las barreras, necesidades y soluciones que se tratan acá se refieren a las relacionadas con la implementación de las acciones sostenibles propuestas de manera sectorial para megaproyectos urbanísticos en las ciudades de Colombia. Estas barreras, necesidades y soluciones no son, por tanto, de índole general, como los ocho obstáculos para el desarrollo sostenible en las Américas referidos por la onu. Estos obstáculos o barreras, aunque son de gran importancia y deben ser resueltos, van más allá del alcance de esta propuesta. Los obstáculos planteados por la onu son:

1. La persistencia de la pobreza.
2. Las desigualdades estructurales y la cultura del privilegio.
3. Las brechas en educación, salud y de acceso a servicios básicos.
4. La falta de trabajo y la incertidumbre del mercado laboral.
5. El acceso parcial y desigual a la protección social.
6. La institucionalización de política social aún en construcción.
7. Una inversión social insuficiente.
8. Obstáculos emergentes: la violencia, los desastres naturales y el cambio climático, la transición demográfica, las migraciones y los cambios tecnológicos.

Estas barreras trascienden el ámbito de la propuesta realizada para enmarcar los desarrollos urbanos en las consideraciones de sostenibilidad respecto a estos sectores: ecología urbana, gestión del agua, manejo de los residuos, energía, movilidad y edificaciones. Sin duda que los aspectos sociales, económicos, de salud, trabajo, violencia, migraciones y otros tienen una relación directa con la posibilidad de que las soluciones propuestas acá sean implementadas, incluso esta falta de visión integral es de por sí una barrera, pero igual nos enfocaremos, como una aproximación preliminar, en las barreras, necesidades y soluciones para implementar las acciones sectoriales propuestas para proyectos urbanísticos, referidos a sus entornos.

Necesidades para el desarrollo sostenible de proyectos urbanos

Las medidas de mitigación son aquellas acciones que están encaminadas a reducir y limitar las emisiones de gases de efecto invernadero, mientras que las medidas de adaptación se basan en reducir la vulnerabilidad (aumentar la resiliencia) ante los efectos derivados del cambio climático. Se presentan a continuación las necesidades derivadas del estudio agrupadas como medidas de mitigación o de adaptación. Igualmente se presentan necesidades en dos temas sustantivos como son la habitabilidad y la financiación y gestión de este tipo de proyectos. Las necesidades propuestas no pretenden ser exhaustivas, con seguridad se pueden encontrar y proponer más en cada uno de los sectores, y, aunque se presentan agrupadas en medidas de mitigación, adaptación y otras, no siempre es fácil hacer esta diferencia, pues hay medidas que podrían estar en varios de estos grupos.

Medidas de mitigación

- Análisis completos desde la etapa del diseño de requerimientos habitacionales, de movilidad y servicios comerciales, de salud, de educación y sus posibles modificaciones en el tiempo. Se deben considerar metodologías de análisis de ciclo de vida que consideren las diferentes etapas para el inventario y la medición de emisiones y la información correspondiente.
- Eficiencia y nuevas prácticas para el manejo y uso de agua, energía y residuos inspiradas en conceptos de economía circular. Seguimiento para reducir las pérdidas en las etapas de suministro y distribución de agua y energía, consideración de acciones respecto al manejo de la demanda que lleven a una reducción o mayor eficiencia en el uso de los recursos.

- Consideración de nuevas tecnologías y procesos de gestión de recursos energéticos, como generación distribuida, medición inteligente y distritos térmicos; de aprovechamiento de agua, reúso de agua gris y drenajes sostenibles; de tratamiento de aguas residuales; y de transporte y aprovechamiento de residuos. Esto es, de sistemas descentralizados y digitalizados de prestación de servicios que impliquen una menor huella de carbono.
- Análisis de la posibilidad de sustituir un porcentaje significativo del agua potable con agua gris y/o aguas lluvia y utilizar subs para el manejo de la escorrentía; y sistemas de alumbrado público eficientes y de recolección diferenciada de residuos.
- Identificación de los requerimientos de conectividad y las alternativas de transporte público para reducir altos tiempos y costos de viaje para los habitantes. Mejorar la calidad del transporte público: conectividad desde el proyecto, tarifas integradas y mejores estándares ambientales de la flota. Identificación de los cambios posibles en los patrones de desplazamiento.
- Consideración de opciones amigables para el desplazamiento de los residentes dentro de los megaproyectos que faciliten el acceso a todos los servicios.
- Diseño de portafolios de sistemas estructurales y arquitectónicos para la reducción de la huella ambiental, considerando materiales, envolventes (cubiertas y fachadas) y sistemas interiores.
- Estimación de los impactos durante la operación y evolución del proyecto por aumento de requerimientos de confort y cambios en los requerimientos de las unidades de vivienda por evolución de las familias. Consideración de las adaptaciones que deben realizarse por estas modificaciones. Considerar la variabilidad y cambios del clima.
- Consideración de soluciones basadas en la naturaleza de manera que la infraestructura verde y, en particular, el arbolado urbano contribuyan a la mitigación de GEI a través de la captura de carbono.
- Cobertura arbórea para la mitigación de emisiones (mínimo en el 60 % de los espacios de infraestructura verde y del 80 % de las áreas protegidas urbanas aptas para realizar plantación), así como para mejorar condiciones paisajísticas y ambientales.
- Capacitación y vinculación de la comunidad para lograr su compromiso en el manejo de sistemas de abastecimiento y tratamiento de agua, de suministro de energía descentralizada, de gestión de residuos y su posible aprovechamiento, y de movilidad sostenible.
- Políticas y regulación que señalicen y fomenten el uso de nuevas tecnologías por parte de diseñadores, constructores y habitantes cuando sean más eficientes para los usuarios.

Medidas de adaptación

- Incremento de la disponibilidad y funcionalidad socioecológica de las áreas verdes urbanas para incluir la naturaleza como factor estructurante de las ciudades a fin de ofrecer mayor diversidad urbana y paisajística, mejorar la calidad de vida de los habitantes, incrementar la adaptabilidad y resiliencia del sistema urbano-regional a la variabilidad climática, previniendo fenómenos como las islas de calor. Específicamente, incrementar la disponibilidad y fortalecer la conectividad ecológica de áreas urbanas protegidas, mediante las siguientes estrategias:
 - Declaración de nuevas áreas protegidas urbanas en las categorías existentes (relictos boscosos, humedales, cauces y cuencas, etc.).
 - Definición de nuevas categorías de áreas protegidas urbanas incluidas áreas requeridas para la adaptación y resiliencia frente al cambio climático (áreas para control de inundaciones, recarga de acuíferos, preservación de cauces, etc.).
 - Generación de instrumentos de cofinanciación y estímulo para la restauración ecológica de las áreas protegidas urbanas.
- Incremento del porcentaje de áreas verdes exigidas en los procesos de urbanización, acorde con las mayores densidades de población, para permitir el distanciamiento social mínimo en estos espacios. El área verde total debe destinarse, además de áreas verdes complementarias al sistema vial y a parques lineales, a parques urbanos con masas de árboles significativas.
- Revisión del concepto (indicador) de “área verde efectiva”, el cual privilegia la funcionalidad social (intensidad de uso, recreación activa, circulación peatonal, etc.), complementándolo o definiendo un nuevo indicador que reconozca y valore la “efectividad” relativa a la funcionalidad ecológica de las áreas verdes (oferta de biodiversidad y servicios ecosistémicos asociados).
- Arborización de áreas verdes durante la ejecución de las obras de urbanismo por parte de los promotores, de manera que las áreas verdes sean entregadas a la comunidad de residentes.
- Continuidad de la funcionalidad social y paisajística de áreas verdes que se generan en el proceso de urbanización mediante la coordinación y articulación de las propuestas de espacios verdes (ubicación, forma, función, especies) entre los distintos desarrollos urbanos.
- Incremento de la modularidad de la infraestructura para el uso de recursos urbanos (agua, energía, otros) promoviendo, cuando sea del caso, que hayan múltiples opciones de fuentes de abastecimiento, almacenamiento, transporte y tratamiento.
- Provisión de servicios regenerativos del agua (reabastecimiento de cuerpos de agua, reducción de agua y energía utilizada por medio del reúso, recuperación y reciclaje) y reducir el riesgo de inundaciones por medio del uso de infraestructura verde, así como proveer infraestructura que permita la rápida recuperación de las áreas urbanas ante eventos hidrológicos extremos.
- Revisión de los marcos regulatorios vigentes, así como el desarrollo de esquemas de incentivos de manera que se eliminen las barreras existentes para garantizar un

manejo integrado de los recursos urbanos (por ejemplo, sustitución del consumo de agua potable, uso de energías renovables y uso de sistemas de drenaje urbano sostenible) y la gestión eficiente de residuos.

- Desarrollo de marcos regulatorios para la adopción de incentivos orientados a la preservación y restauración paisajística y ecológica de áreas verdes privadas que, por su dimensión, características y ubicación, cumplen funciones socioecológicas significativas.
- Preparación de ciudadanos sensibles a la visión sostenible del uso de los recursos (agua, energía, residuos, otros), que permita el conocimiento de riesgos y oportunidades en sus comunidades.
- Formación de profesionales que comprendan las interacciones entre diferentes sectores urbanos de forma que puedan planear e implementar soluciones integrales.

Mejoras de las condiciones de habitabilidad

- Configuración urbana:
 - Localización y forma de los conjuntos habitacionales teniendo en cuenta condiciones ambientales: análisis de efectos de interacción entre edificios.
 - Configuración de espacios abiertos para su integración social y funcional.
 - Conexión y proporción de desarrollos habitacionales con sistemas de servicios comunitarios, comercio y empleo.
 - Contemplar a partir del diseño de los conjuntos residenciales y la planificación la existencia de infraestructura para la gestión de residuos que permita la recolección diferenciada desde la fuente de generación y el aprovechamiento descentralizado dentro del proyecto de vivienda.
- Configuración arquitectónica:
 - Forma y distribución de espacios internos para habitabilidad y confort (térmico, lumínico, sonoro).
 - Flexibilidad y diversidad de oferta de espacios para distintos segmentos de grupos y tipos de pobladores y etapas de desarrollo y transformación.
 - Materialidad de envolventes (cubiertas y fachadas) para habitabilidad y confort.
 - Adaptabilidad de áreas comunes para actualización tecnológica y de sostenibilidad.
- Asequibilidad de los servicios públicos:
 - Dificultades de pago para los habitantes de los deciles de más bajos ingresos
- Monitoreo de la calidad de los servicios públicos, en especial el tratamiento del agua residual, pues se presenta una desconexión entre su gestión y la planeación del desarrollo urbano.

Financiamiento y gestión

- Financiamiento para contar con opciones para construir viviendas y aumentar las condiciones de confort, y limitar la generación de emisiones asociadas a dichas condiciones. Esto implica considerar cambios en los diseños tradicionales de vis y vip, en los sistemas constructivos y el uso de electrodomésticos más eficientes. Las hipotecas verdes planteadas en el CONPES de edificaciones sostenibles son una alternativa.
- En la estructuración de proyectos residenciales realizar la promoción y gestión de proyectos mediante mecanismos sustentados en arreglos institucionales, entre actores públicos y privados, orientados a superar obstáculos presentados en desarrollos previos de proyectos a gran escala.
- Para las opciones de movilidad es clave el apalancamiento del sector privado como, por ejemplo, la creación de plataformas (locales o nacionales) de acompañamiento a los proyectos, para que sean bien estructurados y tengan mayor probabilidad de atraer inversionistas privados. También, nuevos esquemas de financiación para inversión y operación de los sistemas, entre los que cada vez es más común el uso de diferentes mecanismos de captura de valor.
- Opciones de financiación para el transporte público y de acceso a proyectos de vivienda.
- Diseño y adopción de instrumentos de cooperación público-privada entre las asociaciones de residentes, ONG, autoridades ambientales y la administración municipal para el uso, la administración y el mantenimiento de las áreas verdes.
- Consideración de nuevas opciones de gestión de recursos y residuos, de movilidad y manejo de los ecosistemas con la participación de la comunidad. Las opciones descentralizadas para el manejo integrado de agua, el suministro de energía y la participación de los consumidores, la gestión de los residuos y la oferta de movilidad pueden convertirse en una fuente de trabajo.

Barreras

Las barreras y los obstáculos para que las ciudades se muevan hacia el desarrollo sostenible son aquellos aspectos que impiden que las acciones planteadas en la sección anterior como necesidades puedan ser consideradas e implementadas en los desarrollos urbanísticos a gran escala. Algunas de estas necesidades, en caso de no ser implementadas, se constituyen en sí mismas en una barrera en la evolución de la ciudad hacia su sostenibilidad. Es importante también advertir que estas barreras se refieren únicamente a aquellas relacionadas con la implementación de las acciones identificadas en el estudio para los proyectos urbanos analizados, aunque pueden ser aplicables a nivel de megaproyecto o ciudad. Igualmente, la pretensión no es ser exhaustivos respecto a las barreras acá presentadas, con seguridad se pueden identificar otras adicionales a las que se presentan a continuación.

Falta de un marco de planeación integral y coherente para el desarrollo sostenible de los proyectos urbanísticos y las ciudades

No hay en los municipios un marco de planeación que aborde los desarrollos urbanos de manera integral incluyendo múltiples dimensiones y que prevea la manera de ir avanzando hacia la sostenibilidad de los desarrollos propuestos, lo cual requiere el seguimiento de los proyectos y la implementación de las acciones consideradas o requeridas para tal propósito. La primera integración que se debe propiciar es la sectorial-territorial, puesto que prevalece la tendencia de promover la integración entre sectores, pero no de estos con el territorio. Hay una tendencia a “invisibilizar” el suelo y sus usos. Una planeación integrada tiene que basarse en los usos del suelo y en cómo las acciones sectoriales propuestas en el estudio se relacionan con el mejor uso del suelo. En los usos mixtos de este es necesario considerar las posibilidades de oferta laboral cercana y de la operación de los proyectos urbanos, para aportar de manera eficiente con la visión de territorio y ciudad como soporte y medio para las dinámicas económicas y lugar de intercambios en el sistema de ciudades.

La falta de una planeación integral, con un análisis multisectorial integrado, hace que se pierdan sinergias entre los sectores, que no se consideren actuaciones de complementariedad entre ellos, dando como resultado soluciones subóptimas con mayores costos y menores beneficios, menos sostenibles. Es mucho más fácil y económico que estas consideraciones se hagan en las etapas tempranas del proyecto que cuando estos proyectos ya están construidos.

Se encontró que hay falencias importantes en ambos casos de estudio en cuanto a incorporar elementos de la fase de operación de las edificaciones al momento de estructurar los proyectos por parte de promotores, desarrolladores y funcionarios públicos. Esto es evidente en Ciudad Verde en donde no existen equipamientos adecuados y suficientes para satisfacer la variada demanda de servicios. Cuando los habitantes no cuentan con la oferta de servicios necesarios aparecen soluciones en la informalidad para suplir la demanda insatisfecha que posteriormente deriva en otras problemáticas sociales.

Dificultades de coordinación interinstitucional y de la nación con los territorios en las políticas y su implementación y control

El gran número de políticas y normas en el campo ambiental y de los temas relacionados con las ciudades amplifica la falta de coordinación interinstitucional. Las relaciones entre las distintas carteras y entidades del orden nacional y de estas con los territorios tienen alto grado de complejidad para los desarrolladores de proyectos.

Hay que depurar, simplificar y articular las políticas, las regulaciones y los instrumentos de toma de decisión (planes) que en la actualidad constituyen el marco político administrativo para la planificación, diseño, ejecución, uso y administración de proyectos urbanos, de manera que se propicie la armonización, complementariedad y transparencia requeridas para la gestión integral. En particular, las políticas y regulaciones sectoriales, nacionales y territoriales (Ley 388 de 1997 y decretos reglamentarios), las políticas y regulaciones relativas a la preservación y el uso sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos y las relativas a la acción frente a la variabilidad climática.

No hay esquemas de trabajo entre instituciones públicas y privadas que permitan viabilizar estrategias multisectoriales desde la etapa de diseño de los proyectos y que propicien mayor celeridad. Las instituciones públicas se limitan a un proceso de revisión y aprobación y el sector privado a ejecutar lo aprobado. Este esquema está lejos de enmarcarse en una concepción de desarrollo sostenible de los proyectos y de la ciudad. A nivel de proyectos hay dificultades de relacionamiento entre actores para la toma de decisiones.

Falta de integralidad y adaptación regulatoria

No existe un marco regulatorio integral y que cubra todas las necesidades, de tal manera que se puedan implementar las acciones acá identificadas para la evolución de los proyectos urbanos hacia la sostenibilidad. Por otro lado, existen vacíos para acelerar los procesos de desarrollo sostenible en las ciudades. También se requieren instrumentos que generen cambios en el comportamiento de los usuarios con respecto a varios aspectos orientados al desarrollo sostenible (uso eficiente de los recursos, escogencia modal de transporte, gestión de residuos en el sitio, otros).

En el corto plazo se requiere un marco normativo para que los nuevos desarrollos urbanos incluyan las acciones acá propuestas desde el inicio de los proyectos, y regulaciones efectivas y ágiles que tengan una visión de ciclo de vida. Se deben generar lineamientos sobre los requisitos y estándares técnicos para el diseño de varias de las acciones acá propuestas, tanto para la industria como para los desarrolladores urbanos y los habitantes, y guías para su operación y mantenimiento. Hay que facilitar la incorporación de nuevas tecnologías, agentes y esquemas transaccionales en algunos casos. En varios escenarios se ha planteado la necesidad de revisar las leyes 142 y 143 de 1994 para solucionar problemas de prestación de los servicios y adaptarlas a los ODS, incorporando conceptos más generales con una visión integral y como una herramienta de adaptación frente al cambio climático.

No hay consideraciones de sostenibilidad en todo el ciclo de los proyectos incluida su gestión

Hay una concepción generalizada respecto a que los proyectos urbanísticos solo se diseñan y se construyen. Hay un desentendimiento de la fase operativa del proyecto y de las consideraciones de sostenibilidad en esta fase. Aunque se requiere considerar las oportunidades para el desarrollo sostenible desde el diseño y construcción, debe haber un seguimiento de su implementación y operación, con un compromiso de gestión para alcanzar objetivos de menor huella de carbono, mayor resiliencia y mejores condiciones de habitabilidad, en últimas, lograr la sostenibilidad de los desarrollos urbanos. En los casos de estudio se identificaron varios aspectos relacionados con oportunidades de reducir la huella de carbono, prepararse para efectos indeseados de la variabilidad y el cambio del clima, y mejorar las condiciones de habitabilidad de los moradores. Estos aspectos pueden concebirse desde la planeación y el diseño de los proyectos urbanos, así como ser monitoreados y mejorados durante su operación.

No existe un esquema de gestión de este tipo de proyectos que permita que las agendas pública, privada y comunitaria consideren el potencial de mejora sobre los casos construidos, lo que significarían acciones como el *retrofit*, así como ajustes que demuestren aprendizaje continuo a lo largo del desarrollo de nuevos proyectos. La implementación de pilotos y sistemas de monitoreo permitiría la recolección y suministro de datos confiables en torno al desempeño y los costos de las prácticas propuestas. Hay que revisar las funciones institucionales y los procesos administrativos que determinan la gestión urbana.

Consideración parcial de riesgos y de gestión del riesgo en el diseño de los proyectos

En el diseño y la operación de los proyectos urbanos se consideran y gestionan únicamente algunos de los riesgos inherentes a estos, establecidos en las normas de diseño de proyectos de ingeniería. El más típico de los riesgos considerados y gestionados es el de sismorresistencia establecido en la norma respectiva. Otros riesgos normalmente considerados son los relacionados con el proceso constructivo (obtención de permisos y licencias, disponibilidad y calidad de los materiales, cumplimiento de plazos, cambio de precios, indefiniciones contractuales, sobrecostos, cambios en el proyecto, entre otros). Riesgos que normalmente no son tenidos en cuenta en los proyectos urbanísticos incluyen el diseño defectuoso del proyecto, uso inadecuado, operación defectuosa por los dueños, diseño y mantenimiento defectuoso de los sistemas de drenaje urbano, mantenimiento defectuoso de zonas verdes y duras públicas, la no instalación de los equipamientos proyectados, el abastecimiento inadecuado de los servicios públicos, entre otros. Todos los riesgos, tanto en construcción como en la operación del proyecto, deben ser identificados y gestionados definiendo el responsable de esa gestión.

La gestión sistemática de todos los riesgos requiere adoptar modelos de gestión, dotar de medios suficientes y capaces y concretar todos los roles y obligaciones a asumir por parte de cada uno de los agentes relacionados con el proyecto. El riesgo del proyecto debe ser compartido por patrocinadores, dueños, autoridades, constructores, proveedores de bienes y servicios, y por el sector financiero.

No hay mecanismos de financiación completos para los proyectos relacionados con el desarrollo sostenible: descarbonización de las ciudades, adaptación y mejoras de habitabilidad

No es claro cómo podría financiarse la implementación de varias de las acciones propuestas en los diferentes sectores. Se requiere el financiamiento de estas acciones y no siempre es evidente la consecución de recursos a nivel de proyecto urbano y ciudad⁹. Esto es más crítico en proyectos urbanísticos para segmentos de población de bajos recursos, y más crítico aun cuando se trata de implementar estas acciones en proyectos ya construidos como Ciudad Verde.

La capacidad del gobierno local debe ampliarse para aprovechar la participación del sector privado, aprovechar los activos locales a través de la captura de valor y asociarse con los gobiernos centrales para invertir en la urbanización. Tradicionalmente, las ciudades dependen de los gobiernos estatales/provinciales o nacionales, de los bancos de desarrollo y de instituciones financieras propiedad del gobierno para el financiamiento de la infraestructura. Sin embargo, en algunas regiones y países, la responsabilidad de recaudar capital para la infraestructura urbana se está desplazando más hacia los gobiernos municipales, que no tienen la capacidad fiscal para recaudar impuestos o la capacidad de acceder a los mercados de deuda o capital. Las ciudades a menudo no tienen la capacidad de recaudo para financiar su infraestructura y es más desafiante aún para los gobiernos municipales planificar, financiar, administrar y coordinar proyectos de infraestructura urbana sostenible debido a sus capacidades con frecuencia limitadas. Además, hay tributos establecidos desde hace años para la promoción de varias de las soluciones acá planteadas y que nunca han sido utilizados.

⁹ Es preciso anotar que la Estrategia Nacional de Financiamiento Climático, con el apoyo del Fondo Verde del Clima, ha canalizado recursos para apoyar acciones de mitigación y adaptación. El DNP proporciona apoyos para la elaboración de propuestas. Véase: <https://finanzasdelclima.dnp.gov.co/Paginas/Internas/GCF.aspx>.

Falta de capacidad técnica en las instituciones territoriales y de trabajo conjunto con las universidades

La mayoría de las autoridades de planeación en las entidades territoriales de Colombia tienen una capacidad técnica limitada para apropiarse de manera adecuada las herramientas de evaluación y análisis desarrolladas (modelos, escenarios, indicadores e inventario de emisiones). Muchos estudios de alto impacto que requieren de capacidades técnicas se encuentran archivados en las instituciones y solo se usan los resultados de los estudios, no las herramientas.

Esta es una barrera identificada en varias evaluaciones de la política pública que requiere intervenciones regionales o locales y no se vislumbra una acción clara para solucionarla. El DNP ha desarrollado diferentes guías para apoyar a los municipios en la elaboración de los planes de desarrollo territorial (DNP, 2021), lo que es una gran ayuda, pero aún insuficiente.

Falta de liderazgo y capacitación sobre desarrollo sostenible en las comunidades

Sin los niveles suficientes de capacidad comunitaria, los residentes no pueden movilizarse en torno a los problemas, ejercer la influencia política necesaria para atraer recursos públicos o privados y forjar conexiones vitales más allá del vecindario. El liderazgo comunitario en sostenibilidad se ha identificado como un área clave del desarrollo de capacidades. Se requiere de líderes en las comunidades que sean capaces de entender los requerimientos del desarrollo sostenible y cómo volverlos una realidad en su comunidad, que se conviertan en fuerzas jalonadoras para que su comunidad evolucione hacia el desarrollo sostenible. El liderazgo para la sustentabilidad denota una comprensión nueva y ampliada del liderazgo que significa tomar acciones basadas en los valores de sustentabilidad, liderando desde un paradigma de procesos vivos y creando un proceso de liderazgo inclusivo, colaborativo y reflexivo.

Una gran parte de las comunidades en los proyectos urbanísticos no son conscientes de las posibilidades y oportunidades que obtienen al implementar las diferentes acciones propuestas. Es indispensable la implementación de campañas de información y promoción para crear conciencia y comprensión en los habitantes sobre los beneficios y costos, la necesidad, la seguridad, entre otros, respecto a las actuaciones acá propuestas. Estas deben incluir las principales características de los sistemas, los costos de instalación, operación y mantenimiento, los ahorros y otros beneficios asociados (por ejemplo, la contribución a la sostenibilidad en el manejo del agua y autosuficiencia), el potencial ahorro en la factura del servicio público de agua y, si se requiere, el periodo de recuperación de la inversión.

Falta de trabajo coordinado e integral desde la academia y de propuestas innovadoras

Es importante que los diferentes grupos de investigación se organicen para atender los retos que plantean las ciudades sostenibles. El desarrollo de este estudio ilustra la necesidad de atender problemas complejos con miradas particulares pero integrables a una visión más amplia. El trabajo de diferentes grupos de investigación con diversas miradas requiere contar con espacios vivos para la elaboración y desarrollo de propuestas integrales y adaptadas a las condiciones de cada proyecto urbano. El trabajo con universidades locales es también esencial en la conformación de un laboratorio eficaz y efectivo para la solución de los retos que plantea el desarrollo urbano. También, como se señaló en el capítulo anterior, hay esfuerzos internacionales que pueden dejar lecciones importantes y grupos de investigación que pueden potenciar y acelerar el trabajo nacional y local.

Una posibilidad para lograr esto es contar con centros o institutos de investigación en ciudades sostenibles que tengan laboratorios vivos en los que se empiece a involucrar a los estudiantes. Estos centros deberían estar cofinanciados por universidades, empresas y el Estado, los cuales beneficiarían al país en estos temas al no depender únicamente de las experiencias de otros países.

Por otro lado, es necesario contar con formación a nivel de posgrado de profesionales que cuenten con las bases y capacidades sólidas en su disciplina o campo de especialización y con la comprensión de la complejidad de los retos y de la necesidad de interactuar con otros grupos y miradas del problema. El capital humano con capacidades innovadoras es esencial para impulsar la productividad del país.

Propuesta de soluciones

Se presentan a continuación algunas soluciones para superar las barreras encontradas y facilitar la implementación de las necesidades identificadas. Estas soluciones se hacen a manera de recomendación y como una contribución de este estudio a un esquema en que las ciudades evolucionen hacia el desarrollo sostenible. Estas propuestas se presentan agrupadas en los siguientes temas:

- Planeación de desarrollo urbano e información necesaria.
- Coordinación y gestión para la ejecución y seguimiento de los proyectos.
- Marco de política integral, normatividad simple y clara y capacidades institucionales.
- Financiación y esquemas de financiamiento para las acciones de mejora.
- Innovación, investigación y capacitación.

Planeación e información

Planeación integral de los desarrollos urbanos

Los organismos de planeación territoriales deben asumir el reto de adelantar una planeación integral y sostenible del territorio y de los desarrollos urbanísticos. En la planeación de los megaproyectos, los siguientes aspectos deberían considerarse desde el diseño o desde las etapas tempranas, de manera integrada, y ser monitoreados y mejorados durante su operación: cómo garantizar el acceso a servicios, transporte público, espacios verdes, reducción de la huella de carbono, preparación ante efectos indeseados de la variabilidad y el cambio del clima, mejora de las condiciones de habitabilidad de los moradores, y otras ofertas de servicios y bienes públicos, entre otros. La gradualidad de la implementación de los servicios también debería abordarse en la fase de diseño, junto con los instrumentos de gestión requeridos.

Se necesitan mejoras sustanciales en el proceso de formulación de actuaciones urbanas integrales. Esto implica reinterpretar las relaciones entre las cargas y los beneficios de una actuación urbanística, identificando desde el inicio las grandes apuestas en sostenibilidad del territorio, y teniendo en cuenta que los instrumentos de gestión y financiación concurren en el logro de esos objetivos. Se necesitan, entonces, acciones relativas al ordenamiento ambiental del territorio, gestión de suelo y estructuración de esquemas de gestión (por ejemplo, las APP) para infraestructura urbana y equipamientos sociales. Más allá de los planes parciales es necesario aplicar estrategias de integración inmobiliaria, reajuste de tierras u otros mecanismos para garantizar el reparto equitativo

de cargas y beneficios vinculados al mejor aprovechamiento de los inmuebles, así como la cooperación entre partícipes que consideren compensaciones en dinero y derechos urbanísticos, lo que permitiría formar unidades gestoras para el desarrollo conjunto de las unidades.

El reto no es pequeño para lograr un esquema de planeación integral como el propuesto. Se debe partir del hecho de que los proyectos urbanos son dinámicos y deben avanzar hacia la descarbonización a partir de la búsqueda de objetivos específicos como los planteados de buen uso del suelo, maximización de servicios ecosistémicos, gestión eficiente de recursos, residuos y movilidad e infraestructuras sostenibles. El planteamiento de etapas con indicadores y la evaluación de opciones de mitigación, adaptación y de mejora requieren la consideración de estas oportunidades desde el inicio, que haya un seguimiento y un compromiso de gestión para alcanzar objetivos de menor huella de carbono, mayor resiliencia y mejores condiciones de habitabilidad, en últimas, lograr la sostenibilidad de los desarrollos urbanos.

Herramientas de análisis

Las autoridades de planeación deben desarrollar o apropiarse de herramientas que les permitan analizar de manera integral, y con criterios de sostenibilidad, los proyectos urbanísticos que se presentan a su consideración. En este estudio se proponen varias herramientas de análisis y toma de decisiones (para megaproyectos urbanísticos) que deberían ser apropiadas, o al menos discutidas, por parte de las autoridades. El uso de modelos, diseño de escenarios, diseño y uso de indicadores, y los inventarios de emisiones deberían ser de uso común por parte de las autoridades territoriales, especialmente en el diseño, el análisis y la aprobación de megaproyectos urbanísticos.

Desarrollo de capacidades en los organismos de planeación municipales

Un punto neurálgico en el desarrollo y uso de herramientas avanzadas de planeación es la falta de capacidad de muchas autoridades municipales para el manejo de modelos. Es necesario que las autoridades municipales se apropien de las herramientas desarrolladas y puedan realizar los análisis acá propuestos para garantizar la evolución hacia la sostenibilidad de los megaproyectos urbanos. Este desarrollo de capacidad no solo incluye la capacitación de funcionarios en este tipo de herramientas, sino, además, que las instituciones tengan un esquema en el que la apropiación de las herramientas sea institucional y no personal. Esto permitirá tener más acciones coordinadas entre entidades y sectores.

Aprendizaje de desarrollos urbanos

Las autoridades municipales deben aprender de la experiencia de las fases de promoción y desarrollo de los proyectos ya realizados. Debe haber un procedimiento establecido y sistemático que recoja los aprendizajes de los proyectos urbanos ya implementados, de tal manera que estos se reflejen en los desarrollos futuros e incluso en los procesos de toma de decisiones de las autoridades y los desarrolladores. Por ejemplo, Ciudad Verde, el macroproyecto más grande del país, durante los diez años de gestión no fue evaluado abiertamente en términos urbanos o de sostenibilidad, lo cual habría servido como punto de partida a la siguiente gran experiencia, Lagos de Torca. Al no existir una tarea continuada de revisión y análisis se seguirá corriendo el riesgo de repetir errores.

Visibilización y promoción de casos de éxito

La visibilización de casos de éxito del sector público o privado es esencial para tener un compendio de lecciones aprendidas, barreras jurídicas y oportunidades para la retroalimentación de políticas y regulaciones, y fomentar procesos de mejora continua. Además, este proceso permitirá contar con ejemplos que den cuenta de la viabilidad de realizar proyectos con mejores estándares. Con esto se pueden generar redes de conocimiento o plataformas que vinculen a los actores que se encuentren en diferentes etapas de desarrollo, es decir, implementadores, interesados, aliados, entre otros. La tendencia con los casos de éxito es que son experiencias de otros países con condiciones y necesidades muy diferentes a las de Colombia, es por esto por lo que la cooperación sur-sur puede ser una de las alternativas para robustecer el banco de proyectos y las lecciones aprendidas, por la similitud de contextos. Se puede organizar un observatorio con esta información complementario al Observatorio de Ciudades del DNP.

Es importante que se generen herramientas y estrategias de colaboración, de modo que se incentiven los cambios en el sector, y se tenga mayor visibilidad de estos progresos. Una manera es que los desarrolladores de casos de éxito conozcan las políticas de cambio climático y expresen sus beneficios en términos que permitan alinearse con las metas y programas estatales. Por ejemplo, con el Sello Ambiental Colombiano, el sector de la construcción tiene oportunidades para alinearse con la estrategia y garantizar una distinción de sus proyectos.

Fase de operación de los proyectos urbanísticos

La fase de operación de los proyectos urbanos debe ser una parte integral del proceso de diseño de estos desarrollos. Se trata de diseñar y aprobar un proyecto urbanístico de manera integral y sostenible, incluyendo su operación y relacionamiento con el entorno una vez esté terminado y habitado. No puede ocurrir, por ejemplo, que un macroproyecto como Ciudad Verde, con más de 50 000 viviendas y una población aproximada de unos 180 000 habitantes, no haya tenido desde sus inicios una adecuada conexión con el transporte público de la ciudad, lo que ha llevado a que sus habitantes busquen sus propias soluciones de movilidad, muchas de ellas basadas en el transporte informal. Los procesos de operación y mejoramiento de los proyectos concluidos deben considerar tanto el potencial de mejora sobre los casos construidos, lo que significarían acciones como el *retrofit*, así como ajustes a los mismos.

Coordinación y gestión

Coordinación a nivel nacional y con los territorios

La integración y la articulación normativa de políticas, programas e iniciativas de manera transversal desde y hacia lo nacional, lo regional y lo local deben apoyarse más en las estrategias de política nacional de cambio climático. En esta se definieron nueve “Nodos territoriales y sectoriales de cambio climático”, cuyo propósito es adelantar acciones de mitigación, adaptación y gestión del riesgo frente al cambio y la variabilidad climática, a escala regional. Por consiguiente, es indispensable que se tenga un mayor conocimiento de las funciones de los nodos en el sector privado, con el fin de entender cómo se articulan con las estrategias nacionales para lograr más acciones con mayor impacto, y contar con su apoyo para la coordinación de compromisos y esfuerzos.

Por otro lado, el Gobierno no tiene total claridad respecto a los actores involucrados en acciones de cambio climático, y es en este punto en el que los gremios pueden realizar un mapeo de actores e iniciativas para colaborar en la difusión de información y retroalimentación a nivel nacional, regional, local e internacional con respecto al cambio climático. Las entidades neutras tienen la oportunidad de recoger directrices nacionales y comunicar la retroalimentación de entidades locales. Es especialmente fundamental la contribución de estas entidades en la transición de diferentes gobiernos, puesto que la experiencia ha mostrado cómo programas con gran impacto se terminan por el cambio de partidos políticos en el Gobierno.

Relaciones entre actores locales en la toma de decisiones, gestión y desarrollo

Para el desarrollo de los macroproyectos urbanos se requiere una mayor integración de los actores públicos y privados locales con el fin de impulsar las innovaciones técnicas y gerenciales necesarias para lograr mejores mecanismos integrativos de toma de decisiones. Se requieren nuevos esquemas de trabajo entre instituciones públicas y privadas que permitan viabilizar estrategias multisectoriales desde la etapa de diseño de los proyectos y con mayor celeridad. Igualmente, sigue siendo crítica la condición y calidad de las relaciones entre actores en la toma de decisiones, gestión y desarrollo de este tipo de proyectos.

Gestión de los proyectos: gerencia de los proyectos urbanísticos

Los proyectos urbanos deben ser gestionados de manera adecuada para que se desarrollen y operen en el camino hacia la sostenibilidad. Es importante que haya una gerencia que lidere este proceso con toda la capacidad requerida, de tal manera que se garantice la calidad de vida de los habitantes del desarrollo urbano. Estos proyectos no terminan con su construcción y ocupación, hay que seguirlos gerenciando en su operación para lograr una evolución exitosa hacia el desarrollo sostenible. En Ciudad Verde, por ejemplo, a pesar de su propuesta de gerencia única y control de la gestión y desarrollo, son evidentes carencias y temas necesarios de abordar para garantizar la calidad de vida de sus habitantes. La junta administradora de estos desarrollos debe asumir el liderazgo gerencial y administrativo para facilitar la transición hacia la sostenibilidad. Se debe considerar que, en este contexto, son los residentes quienes aportan, en esta etapa, inteligencia colectiva que puede permitir el tránsito a una condición más sostenible.

Seguimiento y monitoreo de los proyectos urbanísticos

Las administraciones públicas deben hacer un seguimiento y monitoreo de los proyectos urbanísticos no solo durante su construcción y desarrollo, sino también durante su fase de ocupación y operación. Hay que establecer alianzas con la comunidad y los administradores de los proyectos urbanos para que las medidas de mejora se lleven a cabo y se avance en la dirección de reducir la huella de carbono, aumentar la resiliencia y mejorar las condiciones de habitabilidad para los residentes urbanos.

Desarrollo de liderazgo y gestión comunitaria en sostenibilidad

Un componente importante de un proceso de desarrollo comunitario sostenible es la creación de capacidad comunitaria. La capacidad de la comunidad o del vecindario se refiere a la capacidad de los residentes para trabajar juntos y encontrar soluciones locales a problemas particulares e influir colectivamente en el cambio local y de nivel superior. Sin los niveles suficientes de capacidad comunitaria, los residentes no pueden movilizarse en torno a los problemas, ejercer la influencia política necesaria para atraer recursos públicos o privados y forjar conexiones vitales más allá del vecindario. El liderazgo comunitario es clave para el desarrollo de capacidades.

El liderazgo es necesario porque las comunidades vibrantes y saludables no surgen espontáneamente: son el resultado de grupos dedicados de personas que invierten su tiempo y energía en beneficio de todos. Por supuesto, cualquier grupo que quiera trabajar eficazmente hacia un objetivo común necesita un liderazgo fuerte, alguien que ayude a trazar el rumbo y luego anime e inspire a otros a unirse. Afortunadamente, este tipo de liderazgo basado en la comunidad se puede encontrar dentro de las propias comunidades. El trabajo de sostenibilidad requiere de líderes de sostenibilidad comprometidos que reconocen y critican las causas fundamentales de la insostenibilidad, buscan comprender los impactos sociales, culturales, económicos y ecológicos de su trabajo, reconocen y valoran la diversidad ecológica y cultural de los sistemas naturales; esto es, van más allá de una visión de negocio tradicional.

Educación y capacitación de las comunidades en desarrollo sostenible

Las comunidades deben adquirir los conocimientos necesarios para garantizar una buena evolución de su lugar de vivienda y entorno en el marco del desarrollo sostenible para lograr la transición hacia una menor huella de carbono. La educación se debe entender como una oportunidad de mejora y evolución de la conciencia colectiva, que permite el cuidado del territorio y el progreso. Se deben generar estrategias de educación formal y no formal para abordar cada sector y grupo poblacional con el fin de sensibilizar a la comunidad y conseguir que esta entienda cómo el cambio climático afecta los beneficios ambientales, sociales y económicos. Esta sensibilización debe estar asociada con experiencias que permitan mayor comprensión de la gestión de los recursos y sus procesos, las cuales se deben producir en todos los niveles de formación para llegar a una verdadera transformación colectiva. Por ejemplo, en el caso del recurso hídrico deben entenderse sus procesos de captación, almacenamiento, tratamiento y distribución para llegar a unas condiciones aptas para su consumo, y también entender cómo es el proceso posterior a su uso, es decir, cómo funcionan los sistemas de alcantarillado sanitario, pluvial y combinado, sus conexiones, plantas de tratamientos y posteriores vertimientos. Así se tendrá un mayor nivel de conciencia respecto a los usos que se les dan a los recursos.

Marco de políticas, regulación y capacidades institucionales

Políticas y su integralidad

Se requiere de un marco de políticas y regulación integral, que cubra todas las necesidades y que permita implementar las acciones acá identificadas para la evolución de los proyectos urbanos hacia la sostenibilidad. Se requieren acciones para llevar a cabo una completa integración entre instrumentos y actores. La evaluación realizada por el Departamento Nacional de Planeación (DNP) a la política de gestión ambiental urbana reveló problemas de integración entre actores y de claridad en los roles de autoridades ambientales regionales y urbanas. Aunque en el país hay un marco regulatorio y normativo que permitiría avanzar en la implementación de las actuaciones acá propuestas, se requiere una reflexión y discusión para el desarrollo de un esquema integral de planeación a nivel territorial, incluyendo la consideración multisectorial, las fases de diseño y operación, el financiamiento y otros aspectos.

La integración y la articulación normativa de políticas, programas e iniciativas de una manera transversal desde y hacia lo nacional, lo regional y lo local debe apoyarse más en las estrategias consignadas en la Política Nacional de Cambio Climático y la consideración de los nueve “Nodos territoriales y sectoriales de cambio climático”.

Marco regulatorio simple

En el estudio, sin haber tenido la pretensión de mirar en detalle las regulaciones existentes y requeridas en cada sector, se identificaron las siguientes necesidades o falencias normativas y regulatorias:

- Mejorar la articulación de políticas y normas en materia de ordenamiento territorial, medio ambiente urbano y reconocimiento y valoración de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos asociados. A pesar de los avances, la falta de articulación sistemática que se refleje tanto en las disposiciones ambientales como en las territoriales ha restado efectividad a estos tres procesos.
- Establecer en el marco normativo el tipo de tratamiento que se le debe dar al agua según su fuente, así como los estándares de calidad requeridos según los usos potenciales, con el fin de reducir los riesgos ambientales y de salud pública asociados con las prácticas de reúso. Se deben generar lineamientos sobre los requisitos y estándares técnicos, tanto para la industria como para los desarrolladores urbanos y los habitantes, y guías para su operación y mantenimiento.
- Establecer en el marco normativo cuáles tipologías pueden hacer parte del servicio público de alcantarillado y los requisitos y estándares técnicos. En este sentido, la implementación de pilotos de suds y su monitoreo pueden ser adecuados para definir la efectividad y factibilidad de las diferentes tipologías. Se deben identificar las relaciones de las entidades distritales —ligadas con la gestión y el manejo de la vegetación, la urbanización, las áreas protegidas, los riesgos y el alcantarillado pluvial— con el sistema de drenaje y reconocer a la infraestructura verde como parte de este.
- Modernizar el marco institucional y regulatorio que facilite la incorporación de nuevos agentes, tecnologías y esquemas transaccionales en los mercados de energía. La Misión de Transformación Energética del MME trabaja en esta dirección. Legal y regulatoriamente es viable poner en marcha estos desarrollos por el principio de adaptabilidad de la Ley 143 de 1994, más por los lineamientos de la Ley 1715 de 2014 y por la flexibilización que la Ley del PND 2018-2022 introdujo para considerar nuevos servicios y sus operadores. En consecuencia, la CREG podrá regular, como lo ha venido haciendo, sin requerir otras disposiciones adicionales.
- En el caso de los distritos térmicos, estos prestan un servicio privado que se rige por las normas del derecho privado. Es usual que un distrito térmico sea promovido por autoridades locales. Si se hacen aportes al capital accionario por parte de una entidad pública, las normas aplicables serán las del derecho público y serán vigiladas por la contraloría respectiva. Solo en el caso en el que el distrito térmico compita con la prestación de un servicio domiciliario podría la CREG intervenir y, en consecuencia, la SSPD ejercer la vigilancia y supervisión el caso.
- Facilitar normativamente la ubicación de plantas de aprovechamiento, especialmente de residuos orgánicos, a pequeña escala en ciudades densamente pobladas, disminuyendo las cargas sobre el sistema central de gestión y depósito de los residuos, y la necesidad de transportarlos largas distancias. El país debe apostar por la descentralización en grandes ciudades.

- Generar instrumentos para promover cambios en el comportamiento que lleven a depender cada vez menos del uso de vehículos privados para la movilidad de las personas, como complemento necesario de medidas enfocadas en cambios tecnológicos para revertir la tendencia creciente de las emisiones GEI del transporte y atender problemas de acceso, accidentalidad e inequidad.
- Revisar el más reciente documento CONPES de transporte de carga en varios aspectos, especialmente en lo que se refiere al programa de desintegración.
- Poner en funcionamiento la Comisión de Regulación de Infraestructura de Transporte (CRIT) y la Unidad de Planeación de Infraestructura de Transporte (UPIIT) autorizadas por ley en el 2013 y creadas por decreto en el 2014. Como no se autorizó el cobro de una contribución para su funcionamiento, la falta de recursos presupuestales ha impedido que comiencen a funcionar.
- Adelantar por parte del MCVT la Política Nacional de Ciudades 4.0, que busca construir territorios autónomos, sostenibles, ordenados y modernos, buscando fortalecer las capacidades de las ciudades, para que tengan equipos técnicos sólidos y mayor independencia financiera. Para esto se adopta el concepto de biodiverciudades, que contempla aspectos sostenibles y tiene en cuenta el desarrollo del espacio público y de la infraestructura social complementaria.
- Involucrar a todas las industrias y actores contando con regulaciones efectivas que tengan una visión de ciclo de vida para lograr los objetivos trazados en las premisas de carbono-neutralidad.
- Mejorar los códigos y las normas de energía en la construcción. Es necesario reforzar los códigos existentes y dar prioridad a las estrategias de construcción pasivas y asequibles, aplicar los códigos obligatorios de energía, adoptar diseños pasivos y reducir la necesidad de refrigeración.
- Desplegar aún más los instrumentos de referencia y certificación establecidos y reforzar las normas para el ahorro de energía; adoptar sistemas de supervisión y gestión de energía.
- Fortalecer y ampliar los actuales requisitos mínimos de rendimiento energético y considerar normas armonizadas, y mejorar las tecnologías de refrigeración eficientes de bajo costo.

Certificación y guías

En los últimos años, Colombia ha tenido grandes avances en términos de política pública, incentivos y compromiso del sector privado para el desarrollo de proyectos sostenibles, a través de los sistemas de certificación en construcción. A la fecha, los sistemas que tienen presencia en el país son ocho: LEED, CASA Colombia, HQE, WELL, Living Building Challenge, EDGE, TRUE y Fitwel. El sistema de certificación CASA Colombia ha sido el único sistema de certificación desarrollado en Colombia, el cual busca generar viviendas sostenibles desde un punto de vista integral, de acuerdo con las necesidades y prioridades de sostenibilidad en el país.

Hoy el sector público y el sector financiero reconocen a los sistemas de certificación como una tercera parte independiente capaz de hacer una verificación rigurosa de las estrategias de sostenibilidad para conceder diversos beneficios, lo que hace que estas certificaciones se conviertan en la llave de entrada tanto de los productos financieros, productos aseguradores y de beneficios tributarios. El liderazgo del sector privado al invertir en medidas de sostenibilidad en la construcción para acceder a certificaciones que, en la gran mayoría de los casos, superan los requerimientos de la regulación obligatoria existente, ha sido fundamental en la evolución del mercado de la construcción sostenible en el país.

Competencias institucionales

Es necesario, para clarificar la acción de las políticas y facilitar la coordinación, redefinir la estructura de funciones y competencias de las diversas entidades y dependencias municipales. Además de la simplificación y armonización de los marcos regulatorios, para lograr una planificación integral orientada al mejoramiento de la ciudad es necesario generar mayor articulación, complementariedad y sinergias en la actuación interinstitucional.

Financiación y esquemas de financiamiento

Las necesidades globales de financiamiento de infraestructura, a nivel nacional, regional y de las ciudades, son enormes. Los bancos de desarrollo por sí solos no pueden cerrar las brechas financieras. Si no se abordan estas brechas se ralentizará el crecimiento y no se alcanzará el desarrollo sostenible.

Las ciudades necesitan la capacidad de acceder a una parte cada vez mayor de la riqueza y los ingresos nacionales, pedir prestado, aumentar y utilizar los ingresos locales, aprovechar el valor de la tierra y aplicar productos financieros complejos. Es posible que muchas ciudades aún no estén en la etapa de utilizar instrumentos financieros complejos o acceder al mercado de capitales por su cuenta. Pero hay experiencias positivas y soluciones intermedias que pueden ampliarse para acelerar la transición hacia un financiamiento urbano sostenible. Esto requiere una acción coherente y de colaboración por parte de los socios internacionales de desarrollo, los gobiernos nacionales y locales. Las instituciones financieras de desarrollo deben aumentar significativamente los préstamos subnacionales para inversiones climáticas.

Se presenta a continuación una descripción de los instrumentos de financiación disponibles en Colombia para el desarrollo sostenible y que podrían aplicarse para el desarrollo de proyectos urbanos de gran escala.

Cambio climático

Comité financiero del Sisclima

Como se mencionó, la Ley de Cambio Climático establece que la financiación de la gestión del cambio climático debe combinar (1) fuentes de origen internacional (cooperación, banca multilateral, ayuda oficial al desarrollo, mercados internacionales de carbono), las cuales son definidas por el Sisclima; (2) recursos públicos (nacionales y territoriales) que recaen sobre el gasto presupuestal de los ministerios, autoridades ambientales, territorios y el Fonam; y (3) recursos privados.

El Fondo Verde para el Clima (ccap, 2014) es una fuente de recursos para, entre otras iniciativas, reducir emisiones de GEI, aumentar la capacidad de adaptación a los efectos del cambio climático y apoyar el desarrollo de ciudades sostenibles. Por otro lado, el Banco Europeo de Inversiones y la Sociedad Alemana de Cooperación Internacional “establecieron un mecanismo consultivo sobre ciudades para apoyar la preparación de proyectos sostenibles en los sectores de la energía, el transporte, los residuos y el agua”. El proyecto “Financiamiento de Infraestructura baja en Carbono en las Ciudades” (Felicity) proporciona apoyo a intermediarios financieros y ciudades para acercar la planificación del desarrollo urbano y la financiación de proyectos de infraestructura (ICI-Alliance Mexico, 2021).

La medición, reporte y verificación de los sistemas de financiamiento climático presenta desafíos comunes para varios países, entre los cuales se encuentra la gestión periódica de los procesos de seguimiento y reporte de la información, la actualización de sus metodologías y componentes tecnológicos, así como el fortalecimiento de las acciones interinstitucionales y la articulación con actores privados. La experiencia de Colombia en el desarrollo de su taxonomía constituye un referente de los desarrollos que se están produciendo en Chile, México y Perú, y de esta manera se establecen las bases para avanzar en la armonización de una taxonomía común y flexible frente a las características nacionales. Es evidente la importancia de los intercambios técnicos para fortalecer la comunidad de monitoreo, reporte y verificación de financiamiento climático en la región.

Con relación al impuesto al carbono existe un amplio margen para ampliar este tributo. En primer lugar, extenderlo a otros combustibles, ya que no tiene sentido excluirlo al resto de los combustibles fósiles y a los gases combustibles para otros usos si a su combustible sustituto se le aplica. En segundo lugar, elevar la tarifa igualándola de inmediato a los 34 270 pesos de la UVT DE 2019 y luego adoptar una senda de incrementos no dependientes de la tasa de inflación anual para llegar al menos a los veinte o veinticinco euros en el año 2030. Una tercera propuesta es quitarle la destinación específica.

Igualmente, es conveniente acelerar la puesta del Programa de Cupos Transables. El Ministerio de Hacienda se encuentra en la elaboración de una propuesta con, entre otros, este fin.

Financiamiento privado

Tanto el sector financiero como el asegurador en Colombia han apostado por generar oportunidades de financiamiento climático. El movimiento de recursos financieros para fomentar el desarrollo de proyectos ambientalmente sostenibles se originó en el país a finales del 2016, cuando Bancolombia realizó una emisión de 350 000 millones de pesos. En los años subsiguientes, otras entidades financieras han emitido bonos respaldados principalmente en proyectos de energía renovable, construcción sostenible, producción más limpia y eficiencia energética. El destino de estos recursos va desde la financiación de sistemas de transporte masivo con menores impactos ambientales hasta proyectos comerciales e institucionales y proyectos de vivienda en proceso de certificación en construcción sostenible. Según la Bolsa de Valores de Colombia (BVC), a julio del 2019 había en el país 2,1 billones de pesos en emisiones de bonos para la sostenibilidad. Con estos recursos, el sector financiero y asegurador ha ofrecido un amplio portafolio de servicios con beneficios a proyectos sostenibles, incluyendo, entre otros: la reducción en la tasa de interés para los desarrolladores, otorgar al usuario puntos básicos de descuento durante los primeros años del crédito hipotecario, línea de crédito verde general (orientados a la prevención, control y mitigación de los efectos ambientales negativos por la emisión de CO₂) y la financiación de vehículos eléctricos e híbridos.

Así mismo, entidades aseguradoras como Suramericana S. A. ofrecen beneficios para aquellos proyectos que se certifiquen por algún sistema de construcción sostenible (CASA, LEED, EDGE), entre los cuales se encuentran: retorno del 10 % del valor de la prima en las pólizas de cumplimiento y construcción una vez el proyecto reciba la certificación, acompañamiento en la evaluación previa de los requerimientos de la certificación, capacitación sobre atributos sostenibles del proyecto a las salas de ventas, asesoría de los beneficios tributarios para construcción sostenible y visita de seguimiento en la etapa de construcción.

Las alianzas público privadas

Como se mencionó, las APP son un esquema de asociación entre el Estado y uno o más particulares para la realización de proyectos de inversión de alguna envergadura. En general se recomienda que la magnitud del proyecto sea lo suficientemente grande para atraer a empresas privadas (en Colombia la inversión mínima son 6000 SMLV), debido a los altos costos de transacción y estructuración de una APP, tanto para el socio público como para el privado. Es posible articular proyectos que tengan características similares con el fin de lograr economías de escala que signifiquen ahorros importantes para el sector público a partir de una estructura de administración simplificada o la reducción del riesgo asociado a la coordinación y alineación de diferentes contratistas.

Los proyectos deben estar muy bien estructurados, puesto que no es fácil modificar el contrato e implica gastos su correcta formulación. Se requiere, entonces, que el privado haga un buen balance entre la rentabilidad y los riesgos que asume. Es posible estructurar los proyectos por unidades funcionales, lo que permite comenzar a percibir beneficios a medida que esas unidades se van terminando, sin esperar a finalizar la obra completa.

Estas alianzas son indicadas para proyectos innovadores. Un particular puede presentar una propuesta novedosa para evaluación del Gobierno nacional o los gobiernos locales. Si se encuentra viable, la autoridad del caso licita y adjudica la obra. Si el seleccionado no coincide con el proponente de la idea, el adjudicatario debe reembolsar los costos de estructuración de la iniciativa.

Financiación de sistemas de transporte urbano

Diferentes leyes permiten a los distritos y municipios desarrollar impuestos, contribuciones y tasas para (1) financiar la construcción, la conservación y el mantenimiento de la infraestructura vial; y (2) financiar la construcción y operación de sistemas eficientes y ambientalmente sostenibles de transporte público urbano de pasajeros. Las autoridades locales pueden crear, modular y ajustar tributos (como el predial), dentro de los distintos márgenes que les permiten las leyes respectivas. No obstante, las autoridades locales no han sido muy activas empleando estas opciones.

Para estimular acciones proactivas de alcaldes y concejos se recomienda que la comisión rectora del sistema general de regalías establezca mecanismos para la aprobación de proyectos territoriales de inversión en programas que reduzcan el crecimiento de emisiones de gas de efecto invernadero y la mitigación de otras externalidades de la movilidad, a distritos, municipios o sus asociaciones, con la condición de que cofinancien en más de un 50 % los proyectos, elevando el recaudo del impuesto predial y mediante el cobro de los tributos de su competencia: el cargo por congestión, la tasa por estacionamiento y la contribución de valorización.

Tributos existentes

El impuesto a los combustibles líquidos (nacional y sobretasa territorial) se cobra hace varios años, una parte es recaudada por la nación y otra, como sobretasa, la recaudan los territorios. Aunque la destinación del recaudo por las entidades territoriales es libre, las ciudades han usado esta sobretasa como contrapartida a los aportes de la nación para la infraestructura de sus SITM o SETP.

Impuestos y contribuciones autorizados y no cobrados localmente

Hay una serie de tributos autorizados por leyes pendientes de ser adoptados por las autoridades territoriales. Algunos, como las contribuciones de valorización y de plusvalía, siguieron hace más tiempo ese camino, teniendo en cuenta que ambas pueden cobrarse si en cada municipio pueden aplicarse a planes específicos de obras o a cambios en el uso del suelo resultantes de los POT. El resultado ha sido la renuencia generalizada a cobrarlos por ser impopulares. Estos recursos podrían utilizarse provechosamente para la construcción y el mantenimiento de la infraestructura de transporte.

- **Valorización**

Existen dos tipos de cobro de la contribución de valorización: “por beneficio local” (cobro en la zona de influencia del proyecto) y “por beneficio general” (cobro a todos los inmuebles cuando hay proyectos con efectos en todo el territorio). En el 2011 se extendió por ley el cobro a concesionarios de inmuebles de propiedad estatal. El cobro de valorización por beneficio local ha sido utilizado con éxito en casi todas las ciudades con más de trescientos mil habitantes. El cobro de valorización por beneficio general ha tenido intentos de aplicación en algunas ciudades, pero finalmente los alcaldes no han querido correr el riesgo político.

- **La plusvalía**

Desde 1997, la ley, basada en un artículo constitucional expreso, autoriza a los municipios a cobrar por el mayor valor de los inmuebles producido porque el POT decreta un cambio de uso. Por ejemplo, si el POT eleva la edificabilidad (más pisos) en una zona urbana o convierte una zona rural en una de “expansión urbana”, este cambio de uso genera un mayor valor, que puede ser capturado total o parcialmente por la autoridad que decreta el cambio. Esta disposición ha sido subutilizada. Pocas ciudades la han adoptado y, donde se ha adoptado, el recaudo ha sido insignificante o se ha dejado de cobrar.

Tributos nuevos

En los planes nacionales de desarrollo se han autorizado, desde el 2010, impuestos y contribuciones que los alcaldes y concejos pueden adoptar, con la destinación sugerida —no impuesta— a inversiones en la infraestructura de transporte en sus territorios. El PND 2014-2018 prorrogó su vigencia e introdujo modificaciones y el PND actualmente vigente (2019-2022) prorrogó la vigencia de algunos y autorizó otros, entre los que se encuentran: los cobros por congestión o contaminación, contribución por el servicio de garajes o zonas de estacionamiento de uso público, áreas con restricción vehicular (no para vehículos eléctricos), cobros a particulares que exploten comercialmente bienes fiscales o de uso público destinados al transporte público de pasajeros, uso de recursos generados en el municipio, peajes para acceder a infraestructuras que se construyan y hasta el 60 % del recaudo correspondiente a la entidad territorial por concepto de multas de tránsito. En algunas ciudades se ha implementado, o intentado implementar, un cobro fijo periódico para circular cuando los vehículos estén cobijados por la restricción por placas (Pico y Placa). Un estudio de la Financiera de Desarrollo Nacional (FDN) propone este como la fuente de mayor potencial para cubrir los costos sociales de la siniestralidad (que requeriría nueva ley), seguido por el cobro por contaminación.

La mayor barrera a la generación de nuevos recursos autorizados está en la economía política de los concejos municipales, que encuentran inoportuno generar nuevas cargas a los contribuyentes. El resultado, frente a los déficits de transporte público, es la utilización de recursos del presupuesto.

Vehículos eléctricos

En Colombia, en el 2019, mediante la Ley 1964 se fijaron diferentes tipos de incentivos para los vehículos eléctricos: financieros, exenciones de pago de aranceles, exenciones a restricciones de circulación y metas de celdas preferenciales en parqueaderos para vehículos eléctricos. Adicionalmente, se impusieron metas obligatorias en adquisición de flota eléctrica e infraestructura de recarga. Para la instalación de infraestructura de carga se podrían explorar los recursos fiscales anteriores y, además, evaluar otros esquemas, como contratos de las APP para ese propósito. Vale la pena anotar que estos sistemas de movilidad han captado un alto porcentaje de los incentivos de eficiencia energética (y, en general, de todos) del Estatuto Tributario del 2008, reglamentados por la UPME en diciembre del 2012.

Otros sectores

- Con respecto a la ordenación del territorio, las leyes 9.^a de 1989 y 388 de 1997 son complementarias al establecer las funciones del nivel local sobre la ordenación del territorio y autorizando a los concejos para que adopten el tributo de “Participación de plusvalía”.
- La Política Nacional de Cambio Climático del 2017 resalta la importancia de reducir el riesgo por desabastecimiento hídrico de las ciudades mediante incentivos económicos por el uso eficiente del agua y la reducción de pérdidas y agua no contabilizada.
- La CRA, con la Resolución 887 del 2019, desincentivó el consumo excesivo de agua potable por instrumentos financieros en los casos en que se presente disminución en los niveles de precipitación, ocasionados por fenómenos naturales y por condiciones de variabilidad climática de carácter regional.
- La Resolución 688 del 2014 de la CRA define que los prestadores pueden realizar estudios de beneficio/costo para la implementación de suds dentro del servicio público de alcantarillado y su realización depende de la aprobación de la entidad territorial y de la relación costo/beneficio.
- El Decreto 2667 del 2012 reglamenta el cobro de una tasa retributiva por la utilización directa e indirecta del agua como receptor de vertimientos puntuales o indirectos y sus consecuencias nocivas.
- A nivel residencial, para incentivar la implementación de equipos eficientes en el consumo de agua potable se requiere establecer un ahorro mínimo obligatorio para viviendas tipo vis y vip. La instalación de este tipo de tecnologías eficientes se puede financiar a través de Findeter.
- Se pueden instalar equipos de micromedición en los hogares para informar a los usuarios sobre su consumo de energía y agua. De acuerdo con la Ley 142 de 1994, los usuarios deben ser los que financien este tipo de tecnologías, aunque se pueden encontrar alternativas para acelerar su difusión.
- Se hace necesaria la incorporación de los sistemas de reúso de aguas grises y de aprovechamiento de aguas lluvia como parte del diseño general de las edificaciones. La financiación de estos sistemas puede darse por medio del usuario, los subsidios del gobierno o de entidades como Findeter.
- Los usuarios deben estar informados sobre la necesidad y seguridad del reúso del agua, incluyendo el potencial ahorro en la factura del servicio público.
- Es necesario definir una estrategia para la financiación de los suds en el marco normativo. En propuestas regulatorias que se adelantan se considera incluir en la tarifa para grandes prestadores de servicios públicos la construcción y el mantenimiento de los suds dentro del servicio público de alcantarillado. A nivel del espacio público debe considerarse la financiación de los suds como un componente del Plan de Obras e Inversiones Regulado (POIR) o a través de aportes presupuestales públicos. En nuevos desarrollos, parte de los costos se pueden asignar a actores privados, como los desarrolladores urbanos. La regulación podría generar cobros e incentivos en el espacio privado.

- La financiación de los sistemas descentralizados para el tratamiento de las aguas residuales se puede dar mediante tasas retributivas, recursos de inversiones regionales o el Fondo Nacional de Regalías. Así mismo, como se menciona en el Plan Nacional de Manejo de Aguas Residuales, se puede fomentar la creación de fondos regionales de inversión en descontaminación hídrica.
- La Estrategia Nacional de Economía Circular (ENEC) lanzada en el año 2019 identifica oportunidades en el desarrollo de negocios de producción de fertilizantes orgánicos, enmiendas o acondicionadores, incrementando el valor agregado de la tierra y reduciendo la emisión de GEI por la fabricación de fertilizantes de síntesis química.
- Avanzar en el diseño e implantación de una tarifa en la que el usuario pague por la cantidad de residuos no reciclables que genere (*pay-as-you-throw*). Se debe acompañar con medidas de fomento al aprovechamiento, reciclaje y tratamiento de residuos, como la definición de criterios para la ubicación de infraestructura de recuperación de materiales y la implementación de proyectos tipo para su financiación con enfoque de cierre de ciclos.
- La Ley 1715 del 2014 contempla el aprovechamiento energético de residuos que no puedan reutilizarse ni reciclarse como una fuente no convencional de energía renovable, permitiendo la aplicación de incentivos tributarios, arancelarios y contables para proyectos que produzcan o utilicen energía de este tipo de fuentes. A partir de la expedición del Decreto 570 del 2018 (incorporado en el DUR 1073 del 2015) se brindan mejores condiciones de mercado para este tipo de energías.
- La puesta en marcha de recursos de energía distribuidos dependerá de las iniciativas privadas y de que las empresas prestadoras abran las oportunidades para hacerlo. Los alcaldes de ciudades medianas y grandes pueden ser promotores de esta modalidad, regulados por la CREG, decretando exenciones hasta por diez años a los impuestos predial y de industria y comercio.
- Con la expedición de la Ley 1715 del 2014 se comenzaron a tratar los incentivos tributarios en el marco de los proyectos de construcción. Posteriormente, con la expedición de la Resolución 196 del 2020 se reglamentaron los incentivos de exclusión de IVA, y descuento y deducción de renta para proyectos con medidas de eficiencia energética, en los cuales el sector vivienda y el sector terciario tienen una importante participación. Actualmente, se trabaja en la estructuración de nuevos incentivos tributarios que comprenden lo relacionado con materiales y con agua.
- El uso de los incentivos tributarios ha sido factible debido al liderazgo del sector privado en los últimos diez años con la implementación de sistemas de certificación voluntaria en edificaciones, que han permitido la verificación del cumplimiento al momento de entregar los incentivos.
- El sector financiero tiene la capacidad de generar estrategias que reduzcan los consumos en las etapas operativas de los proyectos mediante la variación de las tasas de crédito hipotecario u otros créditos que se alineen con los periodos de vida útil de los proyectos. De este modo tienen la posibilidad de llegar a influir en los modos de uso y consumo de otro grupo de usuarios, al que hoy en día no se está considerando. Es esencial desarrollar métodos de evaluación, conocimiento de las etiquetas y sistemas de certificación para mejorar la comunicación sobre los beneficios de edificios eficientes.

- Los incentivos deben ser claros para toda la cadena de valor, esto requiere un entendimiento y análisis del mercado que garantice que esta estrategia no se convierta en cargas impositivas. El Gobierno debe buscar tácticas que articulen las obligaciones de los diferentes sectores para motivarlos a tener mejores prácticas, y relacionarlas con los compromisos del país ante, por ejemplo, la OCDE.
- La redefinición de concepto de cargas y beneficios debe generar un balance entre la función ecológica y la función social, logrando integrar el concepto de servicios ecosistémicos con las políticas de desarrollo convencionales y las prioridades en cada fase del proyecto, desde la concepción hasta la ejecución, entonces los planificadores deben partir de un análisis de los sistemas estructurantes, como son los paisajes naturales, los cuerpos de agua, los ecosistemas urbanos, entre otros. Así, la utilización de la función social y ambiental no debe estar pensada como un detrimento al cierre económico, debe ser un incentivo para innovar, y evitar que, según la elasticidad, los costos se vayan al usuario final. El proceso sigue siendo complejo para los desarrolladores, por lo cual el Gobierno debe generar estrategias que favorezcan un proceso sencillo para la restauración y promoción de funciones de la estructura ecológica principal y otros entornos a diferentes escalas.

Innovación, investigación y capacitación

Innovación e investigación

La innovación, en línea con las necesidades del contexto nacional y las problemáticas globales, tiene un camino importante por recorrer para contribuir con las ciudades sostenibles. De manera integral en la concepción y articulación de las diferentes problemáticas, en el desarrollo de metodologías y herramientas integrales y adaptables a diferentes visiones; en las visiones y los modelos sectoriales para ser integrables en estas concepciones de ciudades o proyectos urbanos; y en la propuesta de instrumentos y mecanismos de gestión para sacar adelante los proyectos urbanos como respuesta a las preocupaciones del ods 11. La innovación debe adelantarse mediante una articulación entre universidades, centros de investigación y la industria, con el fin de resolver retos reales que lleven a la evolución de la industria y el sector. En definitiva, los esfuerzos colectivos de investigación y desarrollo que fomenten la cooperación tienen la posibilidad de lograr una mejor asignación de recursos y una adopción más fácil de estas nuevas prácticas al colaborar a lo largo del proceso.

Las universidades tienen una gran oportunidad para la generación de espacios de desarrollo, con sus líneas de investigación y laboratorios. Igualmente, el Gobierno puede constituir estrategias que faciliten los trámites de aprobación para desarrolladores urbanos o incentiven de otra manera proyectos con altos estándares. Dado que hoy los proyectos perciben una barrera a nivel de procesos con entidades regulatorias para la ejecución de proyectos con aspectos innovadores.

Formación y capacitación de profesionales

Se deben generar estrategias de educación formal y no formal para abordar de manera integral la problemática de ciudades sostenibles y la contribución de cada sector, con el fin de capacitar personas idóneas para la concepción y manejo de estos problemas complejos. Es indispensable desarrollar un pensamiento crítico desde etapas tempranas para entender condiciones existentes y necesidades particulares que lleven a propuestas de desarrollo, construcción de ciudades, generación de productos y servicios viables y sostenibles.

A nivel profesional hay que entender las bases y retos de mitigación y adaptación que planea el cambio climático. Hay que fomentar la capacidad de desarrollo de modelos teóricos y su verificación para entender la viabilidad y dificultades de implementación de las soluciones propuestas. Por una parte, se requiere promover el desarrollo de modelos de negocio que sean consecuentes con los retos actuales y los que estén por venir, y que el reto de desarrollar estos modelos de negocio se evalúe desde las prácticas de la educación superior. Por otra parte, se necesita un mejor entendimiento de la interacción que existe entre los diferentes sectores desde una visión sistémica y dinámica. Es importante que los estudiantes tengan una visión más amplia del problema, y no se queden únicamente con una visión sectorial. El desarrollo teórico de modelos dinámicos que tengan en cuenta la interacción y restricciones entre sectores permitirá una toma de decisiones óptima. A su vez, con esta formación, los estudiantes podrán utilizar conceptos de retroalimentación, modelado y optimización para no solo desarrollar modelos de planificación, sino también de operación en tiempo real, considerando múltiples variables y sectores. La modificación de estos esquemas de educación permitirá mayor innovación, desarrollo y adaptabilidad, lo que resultará en mayor resiliencia.

Estos estudiantes deberían permear no solo al sector privado, sino que debería haber un esfuerzo más grande en el sector público. Estos funcionarios del sector público nacional y local debidamente formados y actualizados ayudarán a aumentar la capacidad y conciencia frente a la necesidad de acciones de mitigación y adaptación al cambio climático. A su vez, esto permitirá contar con personas capacitadas que puedan brindar una visión en la que existan acciones coordinadas entre entidades y sectores.

Recomendaciones y anotaciones finales

Se hacen a continuación algunas recomendaciones y anotaciones finales —basadas en el estudio realizado— como una contribución a elementos de política para las ciudades en su transición hacia ciudades sostenibles. Las medidas incluidas en el capítulo anterior son por sí mismas recomendaciones de actuaciones. Para detalles puntuales sobre estas propuestas (por ejemplo, normas, regulaciones y leyes específicas) se sugiere consultar el capítulo anterior.

Planeación e información

Realizar una planeación integral de los desarrollos urbanos. Los organismos de planeación territoriales deben asumir el reto de adelantar una planeación integral que incluya, entre otras cosas, una visión multisectorial con sus respectivas sinergias, que incorpore las acciones acá propuestas en las etapas tempranas del proyecto, que permita su implementación de manera gradual, con una visión del desarrollo sostenible, internalizando o previniendo las externalidades socioambientales negativas, considerando la fase de operación y trabajando de manera coordinada con todos los actores. Aunque no es fácil romper la aproximación sectorial, que está muy segmentada en los procesos de toma de decisiones, hay que repensar la forma como se han planteado las decisiones del desarrollo urbano en Colombia.

Desarrollo y/o apropiación de herramientas de análisis. Es necesario desarrollar herramientas avanzadas de análisis y garantizar su apropiación por parte de los organismos municipales de planeación. El uso de modelos integrados y/o que valoren los impactos simultáneos sobre capital humano, social, natural y económico, evaluaciones multicriterio que involucren ejercicios de análisis de ciclo de vida, construcción de escenarios, diseño y uso de indicadores (incluyendo indicadores de huella ambiental, por ejemplo, GEI, huella hídrica, huella de eutrofización, huella de lluvia ácida, etc.), así como los inventarios de emisiones, deberían ser de uso común por parte de las autoridades de planeación territorial, especialmente en el diseño, el análisis y la aprobación de megaproyectos urbanísticos.

Desarrollar capacidades en los organismos de planeación municipales. Las autoridades de planeación territorial deben tener la capacidad para desarrollar, adaptar y utilizar herramientas avanzadas de análisis o para apropiarse de herramientas como las propuestas en el estudio (modelos, diseño de escenarios, inventario de emisiones, sistemas de indicadores, entre otros).

Incorporar los aprendizajes de desarrollos urbanos ya realizados. Las autoridades de planeación territorial deben aprender de la experiencia de las fases de promoción y desarrollo de los proyectos ya realizados. Debe haber un procedimiento establecido y sistemático que evalúe y recoja los aprendizajes de los proyectos urbanos ya implementados, de tal manera que estos aprendizajes se reflejen en los desarrollos futuros e incluso en los procesos de toma de decisiones de las autoridades y los desarrolladores.

Visibilizar y promover los casos de éxito. La visibilización de casos de éxito del sector público o privado es esencial para tener un compendio de lecciones aprendidas, barreras jurídicas y oportunidades para la retroalimentación de políticas y regulaciones, y fomentar procesos de mejora continua. Además, permitirá tener ejemplos que den cuenta de la viabilidad de realizar proyectos con mejores estándares.

Incluir la fase de operación de los proyectos urbanísticos en la planeación de estos. La fase de operación de los proyectos urbanos debe ser una parte integral del proceso de diseño de estos desarrollos. Por parte de las autoridades municipales se trata de diseñar, aprobar y desarrollar un proyecto urbanístico de manera integral y sostenible, incluyendo su operación y relacionamiento con su entorno una vez esté terminado y considerando a los residentes y usuarios como actores relevantes en el proceso. Se deben incluir aspectos de flexibilidad a futuro de los desarrollos urbanísticos. Frente a un futuro cambiante, la flexibilidad permitiría un mejor nivel de adaptación aumentando la resiliencia.

Coordinación y gestión

Evaluar y gestionar los riesgos relacionados con el diseño, construcción y operación de los macroproyectos urbanos. La concepción, el diseño y la ejecución de grandes proyectos de edificación lleva consigo la gestión sistemática de todos los riesgos, para lo que es imprescindible adoptar modelos de gestión, dotar de medios materiales, humanos, suficientes y capaces, y concretar todos los roles y obligaciones a asumir por cada uno de los agentes relacionados con el proyecto. Algunos de los riesgos inherentes a este tipo de proyectos están relacionados con la fase constructiva o de implementación de estos y otros con la fase de operación, estos últimos normalmente son ignorados en los diseños de los macroproyectos de vivienda y pueden hacer que la calidad de vida de los habitantes se deteriore rápidamente. Adicionalmente, es relevante considerar análisis técnicos e instrumentos para gestión del riesgo asociado al cambio climático y a las dinámicas de cambio global.

Coordinar a nivel nacional y con los territorios. Hay que trabajar de manera coordinada entre todos los niveles de toma de decisiones del sector público para lograr que las ciudades evolucionen hacia el desarrollo sostenible. Hay que coordinar las acciones entre los territorios y la nación, y entre los niveles nacionales (ministerios e institutos descentralizados) para propiciar la armonización, complementariedad y transparencia requeridas para la gestión integral, e integrar y simplificar las políticas y regulaciones sectoriales, nacionales y territoriales. Uno de los primeros pasos en términos de sostenibilidad puede ser la contabilidad de las emisiones de GEI y el planteamiento de una estrategia de carbono neutro, con una coordinación de acciones específicas entre la nación y los territorios.

Garantizar que los proyectos sean gestionados mediante la creación de una gerencia de los proyectos urbanísticos.

Los proyectos urbanos no terminan con su construcción y ocupación, hay que seguirlos gerenciando en su operación para lograr su evolución exitosa hacia el desarrollo sostenible. Es importante que cuenten con una gerencia que lidere su operación, con toda la capacidad requerida, articulada con las autoridades municipales, propiciando e incentivando la organización de los residentes y su participación activa, y garantizando la calidad de vida de los habitantes del desarrollo urbano. La figura de gerencia podría también facilitar la coordinación entre múltiples actores e instrumentos durante las etapas iniciales de los proyectos y aportar sobre las lecciones aprendidas.

Realizar seguimiento y monitoreo de los proyectos urbanísticos.

Las administraciones públicas deben hacer un seguimiento y monitoreo de los proyectos urbanísticos durante su construcción y desarrollo y también durante su fase de ocupación y operación. Solo capturando información de los proyectos se podrán sistematizar los aprendizajes. El Observatorio de Ciudades del DNP podría bajar la escala para el monitoreo, el seguimiento y la verificación del desempeño y la evolución de los proyectos urbanos a partir de un sistema de indicadores como el propuesto en este trabajo. Experiencias como la del Observatorio de Vivienda de la Universidad de los Andes (<https://observatoriodevivienda.uniandes.edu.co>) son valiosas para involucrar a los desarrolladores de los proyectos en el seguimiento e implementación de soluciones. Se debe plantear una estrategia de medición de los indicadores propuestos y de aquellos relacionados con bienestar humano y, en función de esto, retroalimentar los proyectos en armonía con las autoridades respectivas.

Desarrollar liderazgo y gestión comunitaria en sostenibilidad.

Las ciudades deben crear una escuela de formación de líderes para el desarrollo sostenible, con acciones de identificación de candidatos (promoviendo la diversidad), formación y capacitación. Estos líderes tienen que desarrollar capacidades para trabajar de manera conjunta con la comunidad, influir en el cambio o transformación hacia el desarrollo sostenible, movilizar a los residentes en torno a los problemas, desarrollar habilidades para responder de manera creativa y eficaz a los problemas y retos, ejercer la influencia política necesaria para atraer recursos y forjar conexiones vitales más allá del vecindario.

Educar y capacitar las comunidades en desarrollo sostenible.

Se debe lograr la capacitación y vinculación de la comunidad para lograr su compromiso en la transición hacia una menor huella de carbono, mejor adaptación y gestión de los riesgos y mejora de condiciones de vida. La participación debe ser ejercida integralmente por todos los habitantes y así asegurar la diversidad (de género y de todo tipo).

Marco de políticas, regulatorio e institucional

Desarrollar un marco integral de políticas e instrumentos. Se requiere contar con un marco integral de políticas que cubra todas las necesidades y que permita implementar las acciones acá identificadas para la evolución de los megaproyectos urbanos hacia la sostenibilidad. Se requieren acciones para llevar a cabo una completa integración entre instrumentos, y entre estos y la regulación, los sectores y actores. Se propone adelantar por parte del DNP una iniciativa similar a ArCo que podría denominarse ArCiS.

Simplificar el marco regulatorio. El marco regulatorio debe ser integral, simple, efectivo y de fácil aplicación. Incluyendo, por ejemplo, los ajustes regulatorios propuestos acá, ofrecer incentivos financieros y otros mecanismos para internalizar las externalidades, fomentar el manejo integral del agua; la adquisición de energía renovable y la sustitución por combustibles limpios; la gestión de los residuos atendiendo los principios de economía circular; el uso de medios de transporte saludables de menor impacto ambiental que ocasionen menor congestión y la construcción sostenible.

Reglamentar las normas y regulaciones que lo requieran. En el marco de la anterior recomendación deben revisarse reglamentaciones de ciertas normas buscando acelerar la transformación hacia el desarrollo sostenible. Hay algunas normas que aún requieren de reglamentación para poder ponerse en marcha.

Implementar un sistema de certificación de urbanismo y construcción sostenible. Los diferentes sistemas de certificación facilitan la toma de decisiones informadas a las partes interesadas y se consolidan como instrumentos de gestión de los procesos de planeación, diseño, construcción y operación de edificaciones y su entorno. Estas herramientas permiten que se establezcan metas claras de desempeño con relación al uso de los recursos (naturales, económicos y humanos), se determinen protocolos de seguimiento, se mida y controle el desempeño, y se realicen análisis comprensivos de las estrategias y los impactos de las edificaciones en aspectos ambientales y sociales.

Revisar y redefinir la estructura de funciones y competencias de las diversas entidades y dependencias municipales. Además de la simplificación y armonización de los marcos regulatorios, para lograr una planificación integral orientada al mejoramiento de la ciudad es necesario generar mayor articulación, complementariedad y sinergias en la actuación interinstitucional.

Financiación y esquemas de financiamiento

Usar los esquemas de financiación relacionados con el cambio climático. La Ley de Cambio Climático (2018) establece que la financiación de la gestión del cambio climático debe combinar fuentes de origen internacional (cooperación, banca multilateral, ayuda oficial al desarrollo, mercados internacionales de carbono), recursos públicos (nacionales y territoriales) y recursos privados (hogares, empresas y sector financiero) para desarrollar las acciones de adaptación y mitigación, incluyendo la financiación relacionada con la investigación, transferencia tecnológica, sensibilización y generación de capacidades.

Utilizar los esquemas establecidos para la financiación de sistemas de transporte urbano. Diferentes leyes permiten a los municipios desarrollar impuestos, contribuciones y tasas para financiar la construcción, la conservación y el mantenimiento de la infraestructura vial, y la construcción y operación de sistemas eficientes y ambientalmente sostenibles de transporte público urbano. Las autoridades locales pueden crear, modular y ajustar tributos (como el predial), dentro de distintos márgenes que les permiten las leyes respectivas. Las dinámicas asociadas indirectamente a la desfinanciación de los sistemas de transporte sostenible merecen atención en el diseño de instrumentos de planeación urbana.

Mejorar y utilizar los esquemas de financiación sectoriales. Hay varias fuentes de financiación sectoriales (ambiente, agua, residuos, energía, movilidad y edificaciones) que deben ser revisadas y ajustadas para que las ciudades puedan acceder a ellas y adelantar la transformación hacia el desarrollo sostenible, especialmente en lo concerniente a macroproyectos urbanos (en proceso o ya terminados). Este tema también deberá abordarse desde la educación y capacitación de las comunidades.

Promover e impulsar el uso de las alianzas público privadas. Las APP son un instrumento de vinculación de capital privado que se materializa en un contrato entre una entidad estatal y una persona natural o jurídica de derecho privado, para proveer bienes públicos y de servicios relacionados, que involucra la retención y transferencia de riesgos entre las partes y mecanismos de pago, que tienen que ver con la disponibilidad y el nivel de servicio de la infraestructura y/o servicio. Se propone las APP como una alternativa de financiación de megaproyectos urbanos sostenibles.

Innovación, investigación y capacitación

Promover e impulsar la innovación e investigación en los diferentes temas identificados.

La planeación, el diseño y el desarrollo de grandes proyectos urbanos sostenibles requiere de investigación en varios de los temas abiertos presentados en este estudio. Es importante que las universidades acompañen de manera decidida con ideas y soluciones innovadoras e investigaciones de punta a las ciudades en el camino hacia el desarrollo sostenible, y en esquemas de cocreación generen los diseños y propuestas de implementación como las de liderazgo y gestión colectiva para la sostenibilidad.

Formar profesionales con posgrados en los temas identificados. Se requieren profesionales formados al más alto nivel (maestrías y doctorados) que aporten con investigaciones a varios de los temas abiertos en el desarrollo sostenible de las ciudades. Las universidades deben ofrecer este tipo de formación lo antes posible. Las autoridades de planeación deben plantear las grandes preguntas que podrán resolverse en estos escenarios.

Todas las anteriores medidas propuestas fueron elaboradas en más detalle en el capítulo anterior. A continuación se presenta un conjunto de medidas adicionales complementarias.

La ciudad pospandemia, eje del desarrollo económico y del bienestar humano

La pandemia del 2020 no representa solo un tema de cifras sino una oportunidad para reflexionar en términos de equilibrio y equidad y, en particular, de calidad de vida en las ciudades y buenas relaciones entre los componentes urbanos. Así, el presente estudio, más allá de una visión agregada desde los sectores, brinda insumos para este importante debate urbano. El confinamiento derivado de la pandemia ha impulsado a reflexionar, entre otras cosas, sobre cómo deberían ser las ciudades para enfrentar de una mejor manera este tipo de situaciones. Parece que, más allá de la gran metrópoli centralizada, la tendencia será hacia espacios urbanos autónomos con alta conectividad, entre ellas, la digital, que puedan adaptarse rápidamente y responder por sí mismos a retos como los confinamientos (podrán ser convenientemente aisladas sin interferir con el resto) o la trazabilidad de los contagios. Asimismo, proporcionan mejor calidad y distribución de

espacios verdes, que contribuyan al control de densidades, a la aireación y a la salud física y mental de las personas, y reducen su vulnerabilidad y exposición ante fenómenos endémicos y pandémicos.

Se trata de aprovechar esta oportunidad para dar un gran debate sobre los cambios que se deben dar en las ciudades a la luz del aprendizaje de lo ocurrido con esta pandemia. Muchas recomendaciones que iban en una buena dirección deben ser aceleradas. Por ejemplo, hoy se ha puesto en evidencia que el actual sistema de transporte de alimentos, materiales, personas y energía es insostenible, y ha dado lugar a la mayor parte de los problemas que actualmente padecemos y que favorecen no solo la aparición sino también la difusión de las pandemias. En esta reflexión habrá que tener en cuenta, como se planteó en la Misión del Sistema de Ciudades, el soporte de las ciudades para el desarrollo de las dinámicas económicas y como medios de intercambio de bienes y servicios.

La ciudad que queremos

Las ciudades tienen que tomar decisiones sobre asegurar un aumento en capital humano, social y bienestar. Estas decisiones constituyen el marco de las actuaciones respecto a cómo se ocupará y utilizará el territorio, cuáles son los esfuerzos que deben realizarse, qué recursos se requieren, qué gestiones se deben hacer, cuáles son los principales retos en términos de innovación, entre otras cosas. Hay ciudades que han tomado decisiones en este sentido (París con la ciudad de 15 minutos, Barcelona con las supermanzanas o Londres con su estrategia de “primera Ciudad Parque Natural”). Estas decisiones enmarcan la actuación de todas las autoridades para garantizar que la ciudad se desarrolle hacia objetivos acordados.

Bogotá ya está pensando en una propuesta para la revisión del POT orientada a una ciudad de quince o treinta minutos, es decir, con varias centralidades, y que ponga al alcance del ciudadano varios servicios en un radio de quince o treinta minutos de distancia a pie, en bicicleta o en otro medio de transporte. Se busca generar disponibilidad y proximidad, entendida desde el acceso urbanístico, geográfico y del acceso universal, entre la oferta de servicios sociales, vías y movilidad peatonal y en bicicleta con respecto a la vivienda y lugares de empleo, promoviendo que este acceso se garantice en condiciones de seguridad en la calle. La revisión actual de los POT es una gran oportunidad para que estas decisiones empiecen a incluirse en procesos reglamentarios de ocupación del territorio de las ciudades, buscando la transformación hacia las ciudades que se quieren y garantizando su evolución hacia el desarrollo sostenible.

Aproximación *bottom-up* para la planeación del desarrollo sostenible de las ciudades

En este estudio se ha propuesto una aproximación sectorial *bottom-up* como metodología para la aproximación al desarrollo sostenible de las ciudades. Esta aproximación identifica las acciones que se deben desarrollar en los megaproyectos urbanos para lograr su evolución hacia la sostenibilidad. Igualmente se proponen herramientas que integren las propuestas y los resultados sectoriales y territoriales. Gracias a esta aproximación finalmente se tienen acciones concretas, lo cual permite llevar una contabilidad detallada de sus costos y de su contribución al desarrollo sostenible (inventario de emisiones GEI y otros beneficios). Esta visión se debe complementar con las estrategias de gestión del suelo urbano.

No hay que esperar nuevas políticas o regulaciones

Ya hay suficientes normas y regulaciones para desarrollar proyectos sostenibles. El diseño y aprobación de proyectos urbanísticos en el marco del desarrollo sostenible se puede adelantar al tiempo que se elabora o compila un marco de políticas, reglamentario y normativo integral. También se requiere mejorar la coordinación interinstitucional de las entidades nacionales, regionales y locales, y entre el sector público y el privado, para poner en marcha las políticas, legislaciones y reglamentaciones existentes.

Repensar las relaciones público-privadas para el desarrollo sostenible de las ciudades

Hay que idear nuevos esquemas de diálogo intersectorial para fortalecer la integración del desarrollo de los megaproyectos sostenibles en las estrategias nacionales, territoriales y locales, así como en las estrategias corporativas y modelos de negocio. Los actores gubernamentales y empresariales deben pasar a una nueva modalidad de cooperación con miras a adoptar un enfoque de coinversión con visión de futuro que fomente las habilidades, la innovación y las tecnologías necesarias para implementar este tipo de proyectos. Las APP para el desarrollo sostenible del territorio deben ir más allá de la regulación actual.

La ruptura actual en el ciclo de inversión debe abordarse mediante nuevas carteras de inversión públicas y privadas orientadas a reducir las brechas de infraestructura y energía, y adoptar patrones de producción y consumo más limpios con bajas emisiones de carbono. Hay que mejorar los arreglos institucionales público-privados y establecer nuevos marcos legales para asegurar que el riesgo se comparta de manera equitativa, teniendo en cuenta la importancia de la política de competencia y los incentivos de la política empresarial. La transición hacia sectores más intensivos en conocimiento con políticas industriales y tecnológicas facilitará la diversificación de la producción, creando oportunidades para incorporar el conocimiento, aumentar la inclusión social, mejorar la calidad de vida y proteger el ambiente.

Encarecer el desarrollo no sostenible

Una manera de impulsar acciones en la dirección del desarrollo sostenible es hacer que las acciones no sostenibles sean más costosas (mayores cargas en términos urbanísticos, mayores impuestos o costos, mayores requisitos para su autorización, y otros), lo cual incentiva e impulsa la implementación de acciones sostenibles. Acciones que deben encarecerse incluyen, por ejemplo, formas urbanas que induzcan a una mayor dependencia del transporte privado (automóvil y motocicleta) y mayores distancias de viaje, el costo de los combustibles fósiles, desarrollos urbanos con áreas verdes limitadas, uso de equipos poco eficientes en las dotaciones de vivienda, uso de materiales de construcción contaminantes, entre otros. Se necesita urgentemente una acción política coherente y focalizada desde diferentes niveles de gobierno para orientar el desarrollo

urbano hacia vías más sostenibles, incentivando las acciones sostenibles y encareciendo las no sostenibles. La acción política debe centrarse, por ejemplo, en fijar un precio adecuado para los viajes en automóvil y el estacionamiento, así como invertir en infraestructura para el transporte público y no motorizado. Se requieren esfuerzos paralelos para reformar las políticas de uso de la tierra que alimentan la expansión urbana fragmentada no sostenible. Los formuladores de políticas deberían reconsiderar las restricciones de densidad máxima, revisar el diseño de políticas de contención urbana y desarrollar nuevos instrumentos basados en el mercado para promover la densificación con calidad urbana donde se requiera y genere desarrollo urbano sostenible.

La salud mental como parte del proceso de toma de decisiones

La salud es un requisito previo fundamental para el desarrollo humano sostenible, y no puede haber salud sin salud mental. La salud mental juega un papel clave en los esfuerzos por lograr la inclusión social y la equidad, la cobertura universal de salud, el acceso a la justicia y los derechos humanos y el desarrollo económico sostenible. Los grandes desarrollos urbanos deben incluir desde su diseño consideraciones que faciliten la salud mental y el bienestar general de su población, como espacios verdes adecuados con áreas e infraestructura para disfrutar, la reducción de los tiempos de viaje, diseños arquitectónicos de las viviendas que permitan un aprovechamiento óptimo del clima y la luz natural (confort de las viviendas), espacios amplios, centralidades en las cercanías del entorno, posibilidades de recreación, ciclorrutas e infraestructura de seguridad, entre otras, facilitan de manera importante que la población del megaproyecto tenga la oportunidad de disfrutar del bienestar general y favorecen la salud mental y general de todos los pobladores.

Además, se deben tener en cuenta consideraciones relativas a grupos poblacionales específicos, con necesidades igualmente específicas. Entre otros, vale la pena destacar la evidencia que existe sobre la relación entre problemas que presentan los niños urbanos, tales como depresión, síndrome de falta de atención, miopía, obesidad, osteoporosis, entre otros, y el “déficit de naturaleza”. Algo similar sucede con los adultos mayores, en quienes la falta de sol, aire puro y contacto con la naturaleza agrava el estado de salud asociado a la edad.

La participación de las mujeres en el desarrollo sostenible de las ciudades

Las mujeres juegan un papel clave en el manejo, la conservación, la explotación y la utilización de los recursos naturales como consumidoras y educadoras, a pesar de tener serias limitaciones en el acceso y control de estos recursos. Se debe incluir a las mujeres como actores clave en los procesos de desarrollo, consulta, diseño e implementación de políticas y programas, prestando la debida atención a sus necesidades. También implica considerar sus necesidades de acceso al crédito, activos, capacitación, tecnología, derechos de propiedad y patentes, entre otros. Las ciudades deben comprender la dimensión de la inequidad de género y tomar decisiones que aporten a la disminución de esta. En este proceso es importante que los indicadores, incluyendo los relacionados con el desarrollo sostenible, se evalúen haciendo diferencias de género, buscando obtener una real dimensión de la situación de las mujeres y definir estrategias para empoderarlas. En los desarrollos urbanos es igualmente importante contar con su participación y liderazgo. Ellas son las que conocen en detalle las condiciones y necesidades de sus viviendas y su entorno.

Hay varios temas importantes que no se trataron en este estudio, pero en el futuro seguramente se tendrá la oportunidad de abordarlos. Estamos convencidos de que todas las medidas analizadas representan e invitan a una importante reflexión para un marco de política que ayude a las ciudades en su transformación hacia el desarrollo sostenible. Igualmente es importante anotar que, aunque cada contexto puede plantear sus propios objetivos para el desarrollo y planificación, las medidas y recomendaciones presentadas son aplicables, en general, a todas las ciudades.

Referencias

Aalde, H. et al. (2006). Tierras forestales. En *Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases de efecto invernadero*, 4, 1-93. Editorial IGES.

Acuña, I. T. (2008). Huella ecológica y biocapacidad: Indicadores biofísicos para la gestión ambiental. El caso de Manizales, Colombia. *Rev. Luna Azul*, (26), 119-136.

AD Magazine. (2020). Cómo cambiará el urbanismo y el diseño de las ciudades después de la pandemia. <https://www.admagazine.com/arquitectura/como-cambiara-el-diseno-de-las-ciudades-despues-de-la-pandemia-20200608-6901-articulos.html>

AECOM Technical Services y Fernando Mazuera y Cia. (2019). Documento técnico de soporte Plan parcial Mazda Mavaia.

AECOM Technical Services y Fernando Mazuera y Cia. (2019). Documento técnico de soporte Plan Parcial Mudela del Río (29).

Agencia de Cooperación Internacional del Japón (JICA) y UAESP (2013). *Proyecto de Estudio del Plan Maestro para el Manejo Integral de Residuos Sólidos en Bogotá, D. C. Informe Final*, i. Kokusai Kogyo Co., Ltd. Ex Research Institute Ltd.

Akbarnezhad, A. y Xiao, J. (2017). Estimation and Minimization of Embodied Carbon of Buildings: A Review. *Buildings*, 7(4), 5.

Alcaldía Mayor de Bogotá (1987-2021). Documentos para Licencia de Urbanismo y Construcción. <http://www.bogotajuridica.gov.co/>

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2012). Llantas y asfaltos reciclados para pavimentar a Bogotá: Apuesta ambiental del Idu a partir del 2012.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2017). Decreto 088 del 2017.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2017). Documento técnico de soporte (DTS) - Plan de ordenamiento zonal del norte Ciudad Lagos de Torca, 1-594.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2018). Propuesta de desarrollo sostenible para el borde norte de Bogotá. Una reserva mejor para todos.

Alcaldía Mayor de Bogotá. (2019). Etapa de formulación. Revisión general. Plan de ordenamiento territorial.

Alcaldía de Soacha. (2019). Informe Resultados Censo Pro 2019.

Alcaldía de Soacha. (2019). Más de 4,5 billones de pesos asignados para la construcción de la PTAR Canoas en Soacha.

Alcantud, A., Badia, M. y Santamaría, M. (2020). Covid-19 and the future of cities: 5 keys to keep moving towards local sustainability. *Newsletter Cities to be*. <https://www.citiestobe.com/local-sustainability-after-covid-19/>

Amarilo. (2019). Ciudad Lagos de Torca: Un proyecto con conciencia. Plano Usos Ciudad Verde. <https://amarilo.com.co/blog/verde/ciudad-lagos-de-torca-un-proyecto-con-conciencia/>

Amarilo. (2019). Documento técnico de soporte Plan parcial n.º 7: El Otoño. Ciudad Lagos de Torca.

Amarilo. (2019). Documento técnico de soporte Plan Parcial n.º 26: El Bosque. Amarilo, 2017. Informe de sostenibilidad, Colombia.

Amarilo y Pinilla Prieto y González. (2009). Ciudad Verde-Soacha. Bogotá.

American Society for Testing and Materials. (2019). ASTM C618-19, Standard Specification for Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, *Annu. B. ASTM Stand.*, (C), 5.

American Society for Testing and Materials. (2020). ASTM C125-20, Standard Terminology Relating to Concrete and Concrete Aggregates, ASTM International, West Conshohocken, PA. *B. ASTM Stand.*, 04(02), 1-9.

Ángel, L., Ramírez, A. y Domínguez, E. (2010). Isla de calor y cambios espacio-temporales de la temperatura en la ciudad de Bogotá. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.*, 34 (0370-3908), 173-183.

Anderson, L. G. (2015). Effects of using renewable fuels on vehicle emissions. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 47, 162-172.

Arcadis. (2019). *Citizen Centric Cities, The Sustainable Cities Index 2018*.

Ardolino, F., Parrillo, F. y Arena, U. (2018). Biowaste-to-biomethane or biowaste-to-energy? An LCA study on anaerobic digestion of organic waste. *J. Clean. Prod.*, 174, 462-476.

Armijos, J. V. (2019). Caracterización de la generación de residuos de construcción en sistemas industrializados para viviendas de interés social, en la ciudad de Santiago de Cali.

Arora, M. y Malano, H. (2018). *Urban Water Cycle Modelling and Management*. Editorial MDPI.

Aseo Internacional S.A. E.S.P. (2018). Programa para la prestación del servicio público de aseo en el municipio de Soacha.

Aseo Internacional S.A. E.S.P. (2018). Informe de gestión enero - diciembre 2018.

Aseo Internacional S.A. E.S.P. (2019). Tarifas 2019.

Aseo Internacional S.A. E.S.P. (2020). Mapa del área de prestación del servicio APS municipio de Soacha, Cundinamarca - Macrorutas y microrutas recolección de residuos sólidos.

ASHRAE. (2017). Standard 55 - Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. Atlanta, GA.

Asociación Plan Parcial el Rosario. (2019). Documento técnico de soporte: Plan Parcial n.º 10: El Rosario Ciudad Lagos de Torca.

Atiş, C. D. (2003). High-volume fly ash concrete with high strength and low drying shrinkage. *J. Mater. Civ. Eng.*, 15(2), 153-156.

Atkins. (2013). *Future Proofing Cities, Executive Summary*.

- Atkins. (2013). *Planning and Design Handbook for Integrated City Development, A Holistic Approach to a Low Carbon and Resource Efficient Future*.
- Atkins. (2014). *Future Proofing Indian Cities, Madurai Action Plan for Blue-Green Infrastructure*. Madurai Corporation. https://cdkn.org/wp-content/uploads/2014/12/FPIC_Madurai-Action-Plan_12141.pdf
- Atkins. (2015). *Future Proofing Indian Cities, Key findings from applying a future proofing approach in Bangalore and Madurai*. Madurai Corporation. <https://es.scribd.com/document/325192453/Fpic-Indian-Cities-Report-Final-Report-Web>
- Augustin, K. et al. (2014). Towards sustainable sanitation - the Hamburg Water cycle in the settlement Jenfelder, Au. *Water Sci. Technol. Water Supply*, 14(1), 13-21.
- Autoridad Nacional de Licencias Ambientales. (2018). Resolución n.º 02030, 2018.
- Baca, J. C., Enríquez, D. y Narváez, N. (2014). Indicadores de Ciudad Sostenible. Quito, Ecuador.
- Bahadure, S. y Kotharkar, R. (2018). Framework for measuring sustainability of neighbourhoods in Nagpur, India. *Build. Environ.*, 127, 86-97.
- Bakas, I., Herczeg, M., Kjær, B., Milios, L., Tojo, N. y Watson, D. (2013). *Proposals for Targets and Indicators for Waste Prevention in Four Waste Streams. Nordic Council of Ministers* (p. 235). Copenhagen: Nordon.
- Ballard, B. W., Kellagher, R., Martin, P., Jefferies, C., Bray, R. y Shaffer, P. (2007). *The SuDS Manual*.
- Banco de la República. (2020). Series ipc total nacional e inflación (desde 07/1954).
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2016). Guía metodológica: iniciativa ciudades emergentes y sostenibles.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2019). 8 proyectos innovadores de regeneración urbana para el desarrollo económico local.
- Banco Interamericano de Desarrollo. (2010). Informe de la evaluación regional del manejo de residuos sólidos urbanos en América Latina y el Caribe 2010.
- Banco Mundial. (2010). El potencial de la captura de plusvalía. Washington.
- Banco Mundial. (2016). Marco de Sostenibilidad Urbana. Washington, D.C.
- Banco Mundial. (2020). Gasto de consumo final del gobierno general (% del PIB). <https://datos.bancomundial.org/>
- Baran, P. K., Rodríguez, D. A. y Khattak, A. J. (2008). Space Syntax and Walking in a New Urbanist and Suburban Neighbourhoods. *J. Urban Des.*, 13(1), 5-28.
- Barbosa, H. (2018). Consejo de Soacha aprobó presupuesto de \$375 mil millones para el año 2019.
- Bárcena, A. (2016). Rethinking public-private partnerships in Latin America and the Caribbean to achieve the Sustainable Development Goals, *op-ed* por Alicia Bárcenas, secretaria ejecutiva de ECLAC, en el marco del World Economic Forum en Medellín, Colombia.
- Barton, H., Grant, M. y Guise, R. (2003). *Shaping Neighbourhoods*. Londres: Spoon Press.
- Bartram, D. et al. (2019). *Chapter 6 wastewater treatment and discharge. Refinement to the 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Editorial iees.
- Basso, L. J., Guevara, C. A., Gschwender, A. y Fuster, M. (2011). Congestion pricing, transit subsidies and dedicated bus lanes: Efficient and practical solutions to congestion. *Transport Policy*, 18(5), 676-684.
- Bazilian, M., Rogner, H., Howells, M., Hermann, S., Arent, D., Gielen, D., Steduto, P., Mueller, A., Komor, P., Tol, R. y Yumkella, K. (2011). Considering the energy, water and food nexus: towards an integrated modelling approach. *Energy Policy*, 39(12), 7896-7906.
- Benavides, H. M. y Fernández, D. Y. (2012). Estructura del arbolado y caracterización dasométrica de la segunda sección del bosque de Chapultepec. *Madera y Bosques*, 18(2), 51-71.
- Bernal, N., Rodríguez, J. P. y Peyre, G. (2019). Propuesta metodológica para la estimación de valores económicos de servicios ecosistémicos provistos por sistemas urbanos de drenaje sostenible (suds). *Caso de estudio: Reserva Thomas Van der Hammen*. Universidad de los Andes.
- Bertrand, J. T., Brown, J. E. y Ward, V. D. (1992). Techniques for analyzing focus group data. *Evaluation Review*, 198-209.
- Betancourt, R. M., Galvis, B., Rincón-Riveros, J. M., Rincón-Caro, M. A., Rodríguez-Valencia, A. y Sarmiento, O. L. (2019). Personal Exposure to Air Pollutants in a Bus Rapid Transit System: Impact of Fleet Age and Emission Standard. *Atmos. Environ.*, 202, 117-127.
- Bettini, Y. (2015). *Fitzgibbon Chase: A case study in technological innovation, regulation and policy connections*. Melbourne, Australia: Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities.
- Biogás Doña Juana S.A.S. E.S.P. y Nordic Environment Finance Corporation. (2018). UNFCCC CDM Project design document form: Doña Juana Landfill Gas-to-Energy Project.
- Bocarejo, J. P. y Oviedo, D. R. (2012). Transport accessibility and social inequities: a tool for identification of mobility needs and evaluation of transport investments. *J. Transp. Geogr.*, 24, 142-154.
- Bonn (2011). *The Water, Energy and Food Security Nexus-solutions for the Green Economy*. <https://www.water-energy-food.org/>.
- BRE Environmental Assessment Method. (2016). BREEAM UK New Construction non-domestic buildings technical manual.

- Broadbuss, R. y Cervero, A. (2019). *Transportation planning. The Routledge Handbook of International Planning Education*. Berkeley: The Routledge Handbook of International Planning Education. <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.4324/9781315661063-22/transportation-planning-andrea-broadbuss-robert-cervero>
- Brown, R. R., Keath, N. y Wong, T. H. F. (2009). Urban water management in cities: historical, current and future regimes. *Water Sci. Technol.*, 59(5), 847-855.
- bsi Standards Publication. (2012). *BS EN 15978:2011. Sustainability of construction works - assessment of environmental performance of buildings - calculation method*. Londres.
- Bugalia, N. y Ram, K. S. (2020). Revisiting the Public-Private Partnership for Rapid Progress on the Sanitation-Related Sustainable Development Goals. Asian Development Bank Institute, Policy Brief.
- Bullo, F. (2019). *Lectures on Network Systems*. Kindle Direct Publishing.
- Butler, D. y Davies, J. W. (2004). *Urban Drainage*, 53(9). Londres: Taylor & Francis Group.
- Cadena, A. et al. (2012). Estimación de curva de costos abatimiento de emisiones de gases de efecto invernadero para el sector vivienda urbana en Colombia (n.º 5). Universidad de los Andes - Consejo Colombiano de Construcción Sostenible.
- Cadena, A. et al. (2016). Upstream analytical work to support development of policy options for mid- and long-term mitigation objectives in Colombia - Informe producto C.
- Calvente, A. (2007). Resiliencia: un concepto clave para la sustentabilidad.
- Camacol. (2019). Informe de gestión Acuerdo de construcción sostenible, 2018.
- Cao, X., Dai, X. y Liu, J. (2016). Building energy-consumption status worldwide and the state-of-the-art technologies for zero-energy buildings during the past decade. *Energy Build.*, 128, 198-213.
- Capitão, S. D., Picado-Santos, L. G. y Martinho, F. (2012). Pavement engineering materials: Review on the use of warm-mix asphalt. *Construction and Building Materials*, 36, 1016-1024.
- Carbon Disclosure Project. (2017). Cities Community-wide Emissions, Map. Carbon Disclosure Project.
- Carey, M. A. y J.-E. Asbury, J.-E. (2012). Focus Group Research. Nueva York: Routledge. <https://psycnet.apa.org/record/2012-25938-000>
- Castells, M. (1979). *La cuestión urbana*. Siglo XXI de España.
- CBE. (2019). Thermal Comfort Tool.
- cccs. (2016). Última socialización de NAMA Hábitat. <https://www.cccs.org.co/wp/2016/10/24/ultima-socializacion-de-nama-habitat/>.
- CDM Smith e Ingesam. (2016). Estudio de impacto ambiental Canoas. Bogotá, D. C.
- Cementos Argos. (2020). Cemento Verde. Amigable con el Planeta. Cementos Argos Colombia. <https://colombia.argos.co/cemento-verde/>
- Center for Clean Air Policy. (2014). El Fondo Verde para el clima. <http://ccap.org/assets/GCF-Fact-Sheet-ESP.pdf>
- Center for Neighborhood Technology. (2010). The Value of Green Infrastructure: A Guide to Recognizing Its Economic, Environmental and Social Benefits. *Proc. Water Environ. Fed.*, 1-76.
- Center for Sustainable Systems University of Michigan. (2018). Carbon Footprint Factsheet.
- Center for Watershed Protection. (2000). *Maryland Stormwater Design Manual*. Vols. I y II. md, Estados Unidos: Maryland Department of the Environment.
- Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA). (2015). Investigación de las tipologías y/o tecnologías de sistemas urbanos de drenaje sostenible (suds) que más se adaptan a las condiciones de la ciudad de Bogotá, D. C. Producto 2. Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo (EAA) y Secretaría Distrital de Ambiente (SDA).
- Centro de Investigaciones en Ingeniería Ambiental (CIIA). (2016). Investigación de las tipologías y/o tecnologías de sistemas urbanos de drenaje sostenible (suds) que más se adaptan a las condiciones de la ciudad de Bogotá. Producto 3 - Diseño detallado para la construcción y monitoreo de los pilotos de suds y tdr.
- Cepeda, B., Piedra, M. y Córdoba, D. (2012). Ciudadela El Recreo - Metrovivienda.
- Cerezo, C., Reinhart, C. F. y Bemis, J. L. (2016). Modeling Boston: A workflow for the efficient generation and maintenance of urban building energy models from existing geospatial datasets. *Energy*, 117, 237-250.
- Cervero, R., Sarmiento, O. L., Jacoby, E., Gómez, L. F. y Neiman, A. (2009). Influences of built environments on walking and cycling: Lessons from Bogota. *Int. J. Sustain. Transp.*, 3(4), 203-226.
- Cervero R. y Duncan, M. (2003). Walking, Bicycling, and Urban Landscapes: Evidence from the San Francisco Bay Area. *Am. J. Public Health*, 93(9), 1478-1483.
- Chapagain, A. K. y Hoekstra, A. Y. (2004). Water footprints of nations. Volume 1: Main Report. Delft.
- Chen, S. y Chen, B. (2016). Urban energy-water nexus: A network perspective. *Applied Energy*, 905-914.
- Chen, X., Zhao, P., Hu, Y., Ouyang, L., Zhu, L. y Ni, G. (2019). Canopy transpiration and its cooling effect of three urban tree species in a subtropical city- Guangzhou, China. *Urban Forestry & Urban Green*, 43, junio, 126-368.
- Che, W., Zhao, Y., Yang, Z., Li, J. y Shi, M. (2014). Integral stormwater management master plan and design in an ecological community. *Journal of Environmental Sciences*, 26(9), 1818-1823. <https://doi.org/10.1016/j.jes.2014.06.028>
- Chen, Y. y Hong, T. (2018). Impacts of building geometry modeling methods on the simulation results of urban building energy models. *Applied Energy*, 215, 717-735.
- Choi, G., Jin, T., Jeong, Y. y Lee, S. K. (2020). Evolution of Partnerships for Sustainable Development: The Case of P4G. *Sustainability*, 12, 6485.
- Church, A., Fish, R., Haines-Young, R., Mourato, S. y Tratalos, J., Stapleton, L., Willis, C., Coates, P., Gibbons, S., Leyshon, C., Potschin, M., Ravenscroft, N., Sanchis-Guarner, R., Winter, M. y Kenter, J. (2014). UK National Ecosystem Assessment Follow-on. Work Package Report 5: Cultural ecosystem services and indicators. UNEP-WCMC, LWEC, UK.

- cid. (1969). Alternativas para el desarrollo urbano de Bogotá.
- CIRIA Norfolk Country Council. (2015). *The SuDS Manual*. Londres.
- CIRIA y Susdrain. (2018). Dunfermline Eastern Expansion, Residential SuDS scheme. Dunfermline.
- City of Edmoton. (2011). *Low Impact Development Best Management Practices Design Guide*. <https://www.edmonton.ca/public-files/assets/document?path=PDF/LIDGuide.pdf>
- City of Santa Rosa. (2011). *Storm Water. Low Impact Development Technical Design Manual*. Santa Rosa, CA: City of Santa Rosa & The County of Sonoma.
- Ciudades sostenibles. Un enfoque de modelaje urbano integrado para el análisis de política en Colombia. Informe final*. <https://electricayelectronica.uniandes.edu.co/es/ciudades-con-bajas-emisiones-de-carbono-en-colombia>
- Čivić, K. y Jones Walters, L. (2014). Implementing green infrastructure and ecological networks in Europe: Lessons learned and future perspectives. *J. Green Eng.*, 4(4), 307-324.
- Clarke, K. C. (2008). Mapping and modelling land use change: an application of the SLEUTH model. *Lect. Notes Geoinf. Cartogr.*, (9783540691679), 353-366.
- Climate East Midlands. (2012). Case Study Adapting to Climate Change Leicester City Council North Hamilton Sustainable Drainage System.
- Coalición por la Transformación Urbana. (2019). Emergencia Climática - Oportunidad Urbana.
- Colciencias. (2017). <http://repositorio.colciencias.gov.co/handle/11146/33995>.
- Colombia Inteligente. (2018). Lineamientos estratégicos. Virtualización de la información. Acciones para la masificación de la medida en AMI.
- Colpatria. (2019). Documento técnico de soporte Plan parcial n.º 17. Lucerna.
- Comisión Europea. (2014). Construir una infraestructura verde para Europa. Bruselas.
- Comisión Europea. (2015). Propuesta de Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE, sobre los residuos. Bruselas.
- Comisión Europea. (2019). Zonas de riesgos naturales. Inspire.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2020). Bases para la revisión quinquenal de la fórmula tarifaria aplicable a las personas prestadoras de los servicios públicos domiciliarios de acueducto y alcantarillado que atiendan a más de 5000 suscriptores en el área urbana.
- Comisión de Regulación de Agua Potable y Saneamiento Básico. (2019). Documento final. Análisis de impacto normativo (AIN). Proyecto Reconocimiento de la obligatoriedad de contar con sistemas de extracción, captura activa y pasiva para el manejo de gases en rellenos sanitarios dentro de las tarifas del servicio público de aseo.
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2017). *Caracterización y gestión de la pérdida y el desperdicio de alimentos en América del Norte, informe sintético*. Montreal: editorial cca.
- Comisión para la Cooperación Ambiental. (2019). *Por qué y cómo cuantificar la pérdida y el desperdicio de alimentos: guía práctica*. Montreal: editorial cca.
- Comitê Municipal de Mudança do Clima e Ecoeconomia e Grupos de Trabalho de Transporte, Energia, construções, Uso do Solo, Resíduos e Saúde, São Paulo. (2011). Diretrizes para o Plano de Ação da Cidade de São Paulo para Mitigação e Adaptação às Mudanças Climáticas.
- Coneval. (2013). Manual para el diseño y la construcción de indicadores. México.
- Congote, C. (2019). *Gestión de suelo en la gerencia de proyectos*. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible y Alcaldía Mayor de Bogotá. (2017). Términos de referencia para la definición de las bases técnicas del protocolo de implementación de la Resolución 549 del 2015 en Bogotá.
- Consejo Colombiano de Construcción Sostenible y Secretaría Distrital de Planeación. (2018). Bases técnicas para el desarrollo del protocolo de implementación de la Resolución 549 del 2015. Bogotá.
- Consejo Nacional de Desarrollo Urbano de la República de Chile. (2017). Programa de desarrollo de las Naciones Unidas, Propuesta de sistema de indicadores y estándares de desarrollo urbano. Chile.
- Consorcio NCU- UAESP. (2017). Consultoría. Realizar el estudio técnico de la caracterización en la fuente de residuos sólidos generados en la ciudad de Bogotá Distrito Capital por tipo de generador y establecer el uso de métodos alternativos de transporte para materiales aprovechables. Bogotá.
- Consorcio PARS Soacha. (2015). Tomos 1 y 3. Actualización del Plan de gestión integral de residuos sólidos PARS para el municipio de Soacha, departamento de Cundinamarca.
- Constructora Hayuelos. (2019). Documento técnico de soporte. Plan parcial n.º 2, El Carmen.
- Construdata. (2019). Índice de costos.
- Construdata. (2019). Suministro e instalación de aparatos.
- Consultécnicos Ltda. (1971). Estudio de normas mínimas de urbanización, servicios públicos y servicios comunitarios. Bogotá: Instituto de Crédito Territorial.
- Corpoema y UPME. (2019). Estimación de los consumos de subsistencia en energía eléctrica, gas natural y GLP en territorio nacional SIN y ZNI.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2006). Acuerdo 43 del 2006.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2009). Adecuación hidráulica y recuperación ambiental del río Bogotá.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2011). Producto 5 - Factibilidad de los sistemas seleccionados para la PTAR Salitre.
- Corporación Autónoma Regional de Cundinamarca. (2020). Respuesta al radicado 20201120537: Solicitud información ampliación PTAR Salitre - Estimación de caudal de diseño.
- Cortés, R. (2007). Del urbanismo a la planeación en Bogotá (1900-1990). Esquema inicial y materiales para pensar la trama de un relato. *Rev. Bitácora Urbano Territ*, 11(1), 160-213.
- Credit Valley Conservation. (2016). Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide. Version 1.0. Toronto and Region Conservation Authority and Credit Valley Conservation Authority. Vaughan, Ontario.

- Corporación Autónoma Regional del Valle del Cauca, Departamento Administrativo de gestión del medio ambiente, Centro Internacional de Agricultura Tropical y Alcaldía de Santiago de Cali. (2015). Identificación de zonas y formulación de propuestas para el tratamiento de islas de calor. Municipio de Santiago de Cali, 110, 30.
- Departamento Administrativo del Medio Ambiente. (2005). Política de humedales del Distrito Capital. Bogotá: Giro editores Ltda.
- Dameri, R. P. (2017). *Smart City - Implementation Strategy*. Springer.
- Decreto 1008 del 2018. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=86902>
- De Groot, R. S., Wilson, M. A. y Boumans, R. M. J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics*, 41, 393-408.
- Deng, H., Yeh, C. H. y Willis, R. J. (2000). Inter-company comparison using modified topsis with objective weights. *Comput. Oper. Res.*, 27(10), 963-973.
- De Valck, J., Beames, A., Liekens, I, Bettens, M., Seuntjens, P. y Broekx, S. (2019). Valuing urban ecosystem services in sustainable brownfield redevelopment. *Ecosyst. Serv.*, 35, 139-149.
- Departamento Administrativo de Planeación Distrital. (1964). La planificación en Bogotá.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2019). Censo nacional de población y vivienda 2018.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2012). *Guía para diseño, construcción e interpretación de indicadores*. Dirección de Difusión, Mercadeo y Cultura Estadística. https://www.dane.gov.co/files/planificacion/fortalecimiento/cuadernillo/Guia_construccion_interpretacion_indicadores.pdf
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2017). Encuesta nacional de presupuestos de los hogares (ENPH).
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2017). Encuesta multipropósito (EM) 2017.
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística. (2018). Serie de indicadores de la encuesta de calidad de vida.
- Departamento Nacional de Planeación. (s. f.). <https://portal-territorial.dnp.gov.co/AdmKITTerritorial/MenuPpalKITter>.
- Departamento Nacional de Planeación. (2006). Estructuración e implementación de macroproyectos urbanos en las ciudades colombianas. Principales 100 proyectos de inversión. Banco de Programas y Proyectos de Inversión Nacional, Departamento Nacional de Planeación, 1-9.
- Departamento Nacional de Planeación. (2010). Las ciudades de mañana. Bogotá: BID. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Las-ciudades-del-ma%C3%B1ana-Gesti%C3%B3n-del-suelo-urbano-en-Colombia.pdf>
- Departamento Nacional de Planeación. (2014). Síntesis de Evaluación de los Sistemas Integrados de Transporte Masivo de Colombia. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2014). Misión sistema de ciudades. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). *Pérdida y desperdicio de alimentos en Colombia. Estudio de la dirección de seguimiento y evaluación de políticas públicas*, 48. Grupo de Comunicaciones y Relaciones Públicas.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). CONPES 3874 - Política nacional para la gestión integral de residuos sólidos. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2016). Seguimiento - Objetivos de Desarrollo Sostenible (ods). https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Sinergia/Documentos/Indicadores_Globales_ods_oficial.pdf
- Departamento de Defensa de Estados Unidos. (2010). Unified Facilities Criteria (ufc): Low Impact Development Manual. Estados Unidos.
- Departamento Nacional de Planeación. (2017). Instrumentos económicos e incentivos financieros para crecimiento verde y fuentes de financiamiento internacional para cambio climático en Colombia. Componente A: Instrumentos económicos e incentivos financieros, Producto 3A: Formulación de Nuevos Instrumentos. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2017). Costos de la degradación ambiental en Colombia. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). CONPES 3918 - Estrategia para la implementación de los objetivos de desarrollo sostenible (ods) en Colombia. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). CONPES 3943 - Política para el mejoramiento de la calidad del aire. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). CONPES 3934 - Política de crecimiento verde. Bogotá, D. C.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). Bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2018). Subdirección territorial y de inversiones públicas, 45. Lineamientos para la construcción de estación de clasificación y aprovechamiento de residuos sólidos -eca. <https://proyectostipo.dnp.gov.co/>
- Departamento Nacional de Planeación. (2019). DNP lanzo versión 2.0 del Observatorio del Sistema de Ciudades (osc). <http://bit.ly/2me1SKh>
- Departamento Nacional de Planeación. (2020). CONPES 3991 - Política nacional de movilidad urbana y regional. Bogotá.
- Departamento Nacional de Planeación. (2021). Herramientas recomendadas. <https://portalterritorial.dnp.gov.co/AdmForo/HerramientasR>
- Departamento de Salud de Australia Occidental. (2011). *Guidelines for the Non-potable Uses of Recycled Water in Western Australia*. Environmental Health Directorate Department of Health.
- Department of Architecture - University of Washington. (2017). Embodied Carbon Benchmark Study LCA for Low Carbon Construction. Parte 1.
- Díaz, P., Stanek, P., Frantzeskaki, N. y Yeh, D. H. (2016). Shifting paradigms, changing waters: Transitioning to integrated urban water management in the coastal city of Dunedin, USA. *Sustainable Cities Soc.*, 26, 555-567.
- Díaz, A. y Proost, S. (2014). Second-best urban tolling with distributive concerns. *Econ. Transp.*, 3(4), 257-269.
- Dickie, S., Mckay, G., Ions, L. y Shaffer, P. (2010). *Planning for SuDS - Making it happen (C687)*. Londres: Ciria.
- Ding, K., Li, W., Hu, Y., Hu, P. y Qian, Y. (2019). Power quality comprehensive evaluation for low-voltage dc power distribution system. Proceedings of 2019 IEEE 3rd Information Technology, Networking, Electronic and Automation Control Conference, ITNEC 2019, 1072-1077.

- Ding, T., Liang, L., Zhou, K., Yang, M. y Wei, Y. (2020). Water-energy nexus: The origin, development and prospect. *Ecological Modelling*, 108943.
- Dirección General Ambiental Sectorial. (2015). Guía de ahorro y uso eficiente del agua, 36.
- District Energy in Cities Initiative. (2019). Progress Report 2019.
- Dobbs C., Hernández-Moreno, Á., Reyes-Paecke, S. y Miranda, M. D. (2018). Exploring temporal dynamics of urban ecosystem services in Latin America: The case of Bogota (Colombia) and Santiago (Chile). *Ecol. Indic.*, 85, 1068-1080.
- EDGE Analytics. (2018). World Green Building Trends 2018.
- Domínguez, I., Ward, S., Mendoza, J. G., Rincón, C. I. y Oviedo-Ocaña, E. R. (2017). End-user cost-benefit prioritization for selecting rainwater harvesting and greywater reuse in social housing. *Water (Switzerland)*, 9(7).
- Donoso, L. y Alcaldía Municipal de Chía. (2015). Residuos sólidos aprovechables.
- Donoso, S. (2015). El desafío de la participación ciudadana: algunas reflexiones sobre la experiencia chilena. *Polít. y líneas de acción*. Clacso.
- Dos Santos, R. S. (2020). Estimating spatio-temporal air temperature in London (uk) using machine learning and earth observation satellite data. *Int. J. Appl. Earth Obs. Geoinf.*, 88, 102066.
- Du, Y. W., Wang, S. S. y Wang, Y. M. (2019). Group fuzzy comprehensive evaluation method under ignorance. *Expert Syst. Appl.*, 126, 92-111.
- Dudley, N. y Stolton, S. (eds.). (2008). Defining protected areas: an international conference in Almería, Spain. Gland: iucn.
- Duffy, A., Berwick, N. y Jefferies, C. (2012). Drainage Improvements to Facilitate Expansion of Eastern Dunfermline. Case study. SKINT. https://www.climatecan.nl/uploads/projects/137/files/13/SKINT_Waterseries_final_scotland.pdf
- Durán-Herrera, A., Juárez, C. A., Valdez, P. y Bentz, D. P. (2011). Evaluation of sustainable high-volume fly ash concretes. *Cem. Concr. Compos.*, 33(1), 39-45.
- Durantón, Gilles. (2019). The Costs of Cities Lessons for Bogotá. Seminario de Focalización, movilidad social y política pública, organizado por el DANE. Bogotá, 22 de noviembre.
- Dussadee, N., Ramaraj, R. y Sutassanamarlee, N. (2018). Effect of plant shading and water consumption on heat reduction of ambient air. *Chiang Mai J. Sci.*, 45(1), 188-197.
- Echenique, M. H., Hargreaves, A. J., Mitchell, G., Echenique, M. H., Hargreaves, A. J. y Mitchell, G. (2012). Growing Cities Sustainably. Does urban form really matter? *J. Am. Plan. Assoc.*, 4363. <https://doi.org/10.1080/01944363.2012.666731>
- Echols, S. y Pennypacker, E. (2008). From storm water management to artful rain water design. *Landsc. J.*, 27(2), 268-290.
- ec3 Tool Methodology - Carbon Leadership Forum. (2020). <https://carbonleadershipforum.org/projects/ec3-methodology/>
- Ecoingeniería S.A.S. (2012). Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético en la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones. Cali.
- Economist Intelligent Unit and Siemens. (2010). Índice de ciudades verdes de América Latina: Una evaluación comparativa del impacto ecológico de las principales ciudades de América Latina. Londres: Jason Sumner, Vanessa Barchfield, Economist Intelligence Unit.
- International Finance Corporation. EDGE Materials Reference Guide. (2018). <https://edgebuildings.com/wp-content/uploads/2018/12/EDGE-Materials-Reference-Guide-Version-2.1-Release-A.pdf?lang=es>
- El Espectador. (2019). CAR: atada a la construcción de la PTAR Canoas.
- Elgert, L. (2013). Hard facts and software. The co-production of indicators in land-use planning model. *Environ. Values*, 765-786.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards The Circular Economy*.
- Elmqvist, T. et al. (2013). *Urbanization, Biodiversity and Ecosystem Services: Challenges and Opportunities*. Dordrecht: Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-7088-1#editorsandaffiliations>
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2011). Estudio de proyección de población, caudales y contrato de consultoría n.º 2-02-25100-0802-2010 EAAB ESP. Revisión de información agosto 2011. Versión 3. Presentado por Alejandro Cifuentes Sarria.
- Empresa de Acueducto Agua y Alcantarillado de Bogotá. (2012). Plan de manejo ambiental de los humedales de Torca y Guaymaral, 117.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2017). Consumo mensual y unitario de energía 2016, Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2017). Reportes de operación Plantas de tratamiento de agua potable.
- Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Bogotá. (2018). Informe hídrico. Relación mensual de agua captada y suministrada en plantas de tratamiento año 2018. Bogotá.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2018). Tarifa servicios de acueducto y alcantarillado.
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. (2019). Informes de actividades PTAR Salitre.
- Empresa de Acueducto de Bogotá. (2015). Descripción de la PTAR Salitre y recopilación de los principales aspectos operativos.
- Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Bogotá. (2020). Criterios de diseño de sistemas de alcantarillado - NSO85.
- Empresa de Acueducto Alcantarillado y Aseo de Bogotá. Sistema Chingaza. <https://bit.ly/39EIAmL>
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá y Universidad Nacional de Colombia. (2010). Modelación dinámica de la calidad de agua del río Bogotá - Informe Producto n.º 5 - Determinación y simulación de escenarios y análisis de resultados.
- Empresa de acueducto de Bogotá. Productos PTAR Salitre - Biogás. <https://bit.ly/2XQPvcC>
- Empresa de Acueducto de Bogotá. Productos PTAR Salitre - Biosólidos. <https://bit.ly/3kJXD53>

- Empresa de Acueducto de Bogotá. Productos PTAR Salitre. <https://bit.ly/3ia8bc9>
- Empresa de Acueducto y Alcantarillado de Bogotá. Sisgeo. <https://www.acueducto.com.co/wassigue1/sisgeo/>
- Empresas Públicas de Medellín. (2016). Distrito térmico La Alpujarra.
- Espe, E., Potdar, V. y Chang, E. (2018). Prosumer communities and relationships in smart grids: A literature review, evolution and future directions. *Energies*, 11(10).
- Espinosa, M., Cadena, Á. I. y Behrentz, E. (2019). Challenges in greenhouse gas mitigation in developing countries: A case study of the Colombian transport sector. *Energy Policy*, 124, 111-122.
- Estevez, E., Lopes, N. V. y Janowski, T. (2016). Smart Sustainable Cities - Reconnaissance Study, United Nations University. <https://collections.unu.edu/view/UNU:5825>.
- ETSI. (2017). ETSI TS 103 463 key performance indicators for sustainable digital multiservice cities. Technical specification V1.1.1.
- European Commission DG ENV. (2009). Waste Prevention Overview on Indicators.
- European Commission. (2016). *Buying Green! A Handbook on Green Public Procurement*.
- European Investment Bank. (2017). Assessment Methodology for Smart City Projects: Application to the Mediterranean Region.
- Faha, L., Faha, M. y Milligan, B. (2009). *Low Impact Development Approaches Handbook*. Tualatin, OR: Clean Water Services.
- Fath, B. (2004). Distributed control in ecological networks. *Ecological Modelling*, 235-245.
- Federal Highway Administration Research and Technology. (2016). Report: User Guidelines for Waste and Byproduct Materials in Pavement Construction.
- Feng, Y., Chen, S. y Zhang, L. (2013). System dynamics modeling for urban energy consumption and CO₂ emissions: a case study of Beijing, China. *Ecol. Model.*, 252, 44-52.
- Figueroa, J. A. (2008). Modelo gerencial del megaproyecto Ciudad Salitre. Bogotá: Universidad de los Andes.
- Findeter. (s. f.). <https://www.findeter.gov.co/publicaciones/500067/colombia-tod-nama/>.
- Findeter. (2020). Ciudades sostenibles y competitivas. <https://bit.ly/3IYRHod>.
- Findeter. (2021). Todo a la vuelta de la esquina, parr. 22. <https://www.findeter.gov.co/blog/planear-el-territorio/todo-la-vuelta-de-la-esquina>
- Fijalkowska, A. (2014). *Measuring inhabitants quality of life using GIS-based accessibility analysis*. 14th sGEM GeoConference on Informatics, Geoinformatics and Remote Sensing, libro 2, 3(sGEM2014), 737-744.
- Floater, G., Dowling, D., Chan, D., Ulterino, M., Braunstein, J. y McMinn, T. (2017). Financing the Urban Transition: Policy-makers' Summary. Coalition for Urban Transitions. Londres y Washington, D.C. <http://newclimateeconomy.net/content/cities-working-papers>.
- Fonseca, L. A. (2016). Empleo de ceniza volante colombiana como material cementicio suplementario y sus efectos sobre la fijación de cloruros en concretos.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations. (1985). Guidelines: land evaluation for irrigated agriculture. Roma.
- Food Loss + Waste Protocol. (2016). Estándar de contabilización y reporte sobre pérdida y desperdicio de alimentos.
- Fundación de la industria de la construcción. (2016). Gestión de residuos de la construcción y la demolición en Chile.
- Gao, L. y Hailu, A. (2012). Ranking management strategies with complex outcomes: An AHP-fuzzy evaluation of recreational fishing using an integrated agent-based model of a coral reef ecosystem. *Environ. Model. Softw.*, 31, 3-18.
- García, A. (2020). Ciudades de proximidad: las ventajas de tenerlo todo a un paso. Huellas by Sareb. <https://www.huellasbysareb.es/ciudades/ciudades-de-proximidad-de-15-minutos/>
- García, A. (2020). Ciudades después de la pandemia: así cambiarán. Huellas by Sareb. <https://www.huellasbysareb.es/en-primera-persona/ciudades-despues-covid/>
- García, L. (2003). Sostenibilidad de la disposición de escombros de construcción y demolición en Bogotá. Séneca - Repositorio Institucional Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/10013>
- García, M. L. y Vergara, J. M. R. (2000). La evolución del concepto de sostenibilidad y su introducción en la enseñanza. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), 473-486.
- García, J. D. y Stand, F. (2016). Comparación de los principales sistemas constructivos de vis en Colombia, desde una perspectiva de sostenibilidad, empleando BIM: caso estudio en Soacha.
- García-Sánchez, M. y Güereca, L. P. (2019). Environmental and social life cycle assessment of urban water systems: The case of Mexico City. *Sci. Total Environ.*, 693, 133464.
- Gaudillat, P., Antonopoulos, I. S., Canfora, P. y Dri, M. (2018). European Commission. Joint Research Centre and A. I. S, Best Environmental Management Practice for the Waste Management Sector Learning from frontrunners.
- Geosyntec Consultants. (2008). A User's Guide for the Structural BMP Prioritization and Analysis Tool (SBPAT v1.0). Los Ángeles.
- Geosyntec Consultants. (2013, enero). *Stormwater Best Management Practices: Guidance Document*. 640.
- Gervasio, H., Dimova, S. y Pinto, A. (2018). Benchmarking the Life-Cycle Environmental Performance of Buildings. *Sustainability*, 10(5), 1454.
- Gilbertson, J., Grimsley, M. y Green, G. (2012). Psychosocial routes from housing investment to health: Evidence from England's home energy efficiency scheme. *Energy Policy*, 49, 122-133.
- Gobierno de Colombia. (2015). Colombia's INDC-UNFCCC. <https://www4.unfccc.int/sites/submissions/INDC/Published%20Documents/Colombia/1/INDC%20Colombia.pdf>.
- Gobierno de Colombia. (2018). Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022. Pacto por Colombia. Pacto por la equidad.
- Gobierno municipal. (2018). Ibagué sostenible 2037: Territorio conector, colectivo y competitivo. Ibagué.

- Gómez, L., y Castañeda, C. (2013). Estudio del crecimiento urbano con respecto al efecto isla de calor para establecer lineamientos de gestión energético ambiental en Bogotá. Eleventh LACCEI Latin American and Caribbean Conference for Engineering and Technology, 1-10.
- González, J. (2019). Lagos de Torca. Cartagena: Congreso Colombiano de la Construcción.
- Gouldson, A., Sudmant, A., Khreis, H. y Papargyropoulou, E. (2018). The Economic and Social Benefits of Low-Carbon Cities: A Systematic Review of the Evidence. Coalition for Urban Transitions. Londres y Washington, D.C. <http://newclimateeconomy.net/content/cities-working-papers>.
- Grant, L., Chrisholm, A. y Benwell, R. (2017). A place for SuDS? Assessing the Effectiveness of Diverging Multifunctional Sustainable Drainage. <https://www.ciwem.org/assets/pdf/Policy/Reports/A%20Place%20for%20SuDS%20Online.pdf>
- Grant Thornton ULLP. (2011). Sustainable Cities, a vision of our future landscape.
- Green House Protocol. (2015). Global warming potential values.
- GRI y UN Global Compact. (2017). Business reporting on the SDGs: an analysis of the goals and targets.
- Groves, W. W., Hammer, P. E., Knutsent, K. L., Ryan, S. M. y Schlipf, R. A. (1997). Analysis of Bioswale Efficiency for Treating Surface Runoff. Donald Bren School of Environmental Science and Management. University of California, Santa Barbara. <https://bren.ucsb.edu/media/2279>.
- GRSP. (2016). Global Road Safety Partnership.
- Guo, M. et al. (2020). Effect of WMA-RAP technology on pavement performance of asphalt mixture: A state-of-the-art review. *J. Clean. Prod.*, 266, 121704.
- Gurrutxaga, M. y Lozano, P. J. (2008). Evidencias sobre la eficacia de los corredores ecológicos: ¿Solucionan la problemática de fragmentación de hábitats? *Obs. Medioambient.*, 11, 171-183.
- Gutorova, M., Schellekens, J. I. y De Groot, H. L. F. (2018). *Assessing Drinking Water Affordability in the eu: A Quantitative Approach*. Ecorys.
- Guzmán, L. A., Oviedo, D. y Rivera, C. (2017). Assessing equity in transport accessibility to work and study: The Bogotá region. *J. Transp. Geogr.*, 58, 236-246.
- Guzmán, L. A., Escobar, F., Peña, J. y Cardona, R. (2020, marzo). A cellular automata-based land-use model as an integrated spatial decision support system for urban planning in developing cities: The case of the Bogotá region. *Land Use Policy*, 92, 104445.
- Guzmán, L. y Huerta, G. (2012). Caracterización de residuos sólidos del barrido de las calles del Distrito de Trujillo. Trujillo.
- Han, Y., Taylor, J. E. y Pisello, A. L. (2015). Exploring mutual shading and mutual reflection inter-building effects on building energy performance. *Appl. Energy*, 185, 1556-1564.
- Han, Y., Taylor, J. E., Garvin, M. J., Moore, I. T. y Pisello, A. L. (2016). Urban Building Networks' Thermal-Energy Dynamics: Exploring, Mitigating, and Optimizing inter-building effects. Dissertation submitted to the faculty of the Virginia Polytechnic Institute and State University in partial fulfillment of the requirements for the degree of Doctor of Philosophy in Civil Engineering. https://vtechworks.lib.vt.edu/bitstream/handle/10919/72956/Han_Y_D_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Halbe, J., Pahl-Wostl, C., Lange, M. y Velonis, C. (2015). Governance of transitions towards sustainable development: the water-energy-food nexus in Cyprus. *Water International*, 40, 877-894.
- Hamdar, Y. S., Kassem, H. A. y Chehab, G. R. (2020). Using different performance measures for the sustainability assessment of asphalt mixtures: case of warm mix asphalt in a hot climate. *Road Mater. Pavement Des.*, 21(1), 1-24.
- Happle, G., Fonseca, J. A. y Schlueter, A. (2018). A review on occupant behavior in urban building energy models. *Energy and Buildings*, 174, 276-292.
- Harries, K. y Sharma, B. (2019). *Nonconventional and vernacular construction material*. Woodhead Publishing.
- Hoekstra, A. Y., Buurman, J. y Van Ginkel, K. C. H. (2018). Urban water security: A review. *Environ. Res. Lett.*, 13, 53002.
- Hoorweg, D. y Bhada-Tata, P. (2012). *What a waste a global review of solid waste management*. Editorial World Bank. [file:///C:/Users/Usuario/Downloads/68135%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Usuario/Downloads/68135%20(1).pdf)
- Horsburgh, J. S., Leonardo, M. E., Abdallah, A. M. y Rosenberg, D. E. (2017). Measuring water use, conservation, and differences by gender using an inexpensive, high frequency metering system. *Environ. Model. Softw.*, 96, 83-94, doi: 10.1016/j.envsoft.2017.06.035.
- Huang, C. H., Lin, S. K., Chang, C. S. y Chen, H. J. (2013, septiembre). Mix proportions and mechanical properties of concrete containing very high-volume of Class F fly ash. *Constr. Build. Mater.*, 46, 71.
- Huang, J., Mendoza, B., Daniel, J. S., Nielsen, C. J., Rotstain, L. y Wild, O. (2013). *Anthropogenic and Natural Radiative Forcing. Clim. Chang. Phys. Sci. Basis Work. Gr. I Contrib. to Fifth Assess. Rep. Intergov. Panel Clim. Chang.*, 9781107057, 659-740. Reino Unido y Nueva York: Cambridge University Press.
- Huellasbysareb. (2020). Ciudades después de la pandemia: así cambiarán. <https://www.huellasbysareb.es/en-primeira-persona/ciudades-despues-covid/>
- Huellasbysareb. (2020). Ciudades de proximidad: las ventajas de tenerlo todo a un paso. <https://www.huellasbysareb.es/ciudades/ciudades-de-proximidad-de-15-minutos/>
- Huovila, A., Bosch, P. y Airaksinen, M. (2019). Comparative analysis of standardized indicators for smart sustainable cities: What indicators and standards to use and when? *Cities*, 89(6), 141-153.
- ICE Database. (2019). Circular Ecology.
- Icontec. (2004). NTC 5324:2004 - Bloques de suelo cemento para muros y divisiones. Definiciones. Especificaciones. Métodos de ensayo. Condiciones de entrega.
- Icontec. (2019). NTC 6312:2019 - Cementos. Especificaciones para mezclas de materiales cementantes suplementarios.
- Icontec. (2019). NTC 3493:2019 - Cenizas volantes y puzolanas naturales, calcinadas o crudas, para uso en el concreto.
- IDB y DDPLAC. (2019). Getting to Net-Zero Emissions: Lessons from Latin America and the Caribbean. Inter-American Development Bank, Washington, D.C.
- IDOM. (2018). Estudio de crecimiento y evolución de la huella urbana para los municipios que conforman el área Bogotá Región. Bogotá.

- IKI-Alliance Mexico. (2021). Felicity - Financiamiento de infraestructura baja en carbono en las ciudades. <https://iki-alliance.mx/portafolio/financing-energy-for-low-carbon-investment-cities-advisory-facility-felicity/>.
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2014). Boletín n.º 1 - Abril - Sostenibilidad - Mezclas Asfálticas Tibias (MAT).
- Instituto de Desarrollo Urbano. (2015). Boletín técnico n.º 1 - Caracterización de mezclas asfálticas.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales. (2013). Hoja metodológica del indicador Índice de calidad del agua (Versión 1.00). Sistema de Indicadores Ambientales de Colombia - Indicadores de calidad del agua superficial, (96), 12.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales. (2014). Indicadores Ambientales de Agua. <http://www.ideam.gov.co/web/ecosistemas/indicadores>
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales. (2015). Estudio nacional del agua 2014. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales. (2018). Formato común de hoja metodológica de indicadores ambientales. Índice de vulnerabilidad hídrica por desabastecimiento (Hoja metodológica versión 1.10). Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 1-13.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales. (2018a). Informe del estado de la calidad del aire en Colombia 2017. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales. (2018b). Boletín del índice de calidad del agua en corrientes superficiales ICA 2018 - ii. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales. (2018c). Segundo reporte bial de actualización de Colombia ante la CMNUCC. Bogotá.
- Instituto de Hidrología, Meteorología y Asuntos Ambientales. (2019). Estudio nacional del agua 2018. Bogotá.
- Instituto Geográfico Agustín Codazzi. (2016). Mapa urbano del municipio de Soacha. Soacha.
- Invias. (2014). Especificaciones generales de construcción de carreteras y normas de ensayo para materiales de carreteras.
- IPBES. (2016). Summary for policymakers of the methodological assessment of scenarios and models of biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. Bonn, Alemania.
- Integrated and Replicable Solutions for Co-creation in Sustainable Cities. (2018). Deliverable 1.1 Report on the list of selected KPIs for each Transition Track.
- International Bank for Reconstruction and Development, The World Bank. (2018). Solid and Industrial Hazardous Waste Management Assessment. Washington, D.C.
- International Institute for Sustainable Development. (2019). Learn - Step 3: Impact Assessment and Mitigation EIA Essentials.
- International Telecommunication Union. (2016). Recommendation ITU-T Y.4900/L.1600 overview of key performance indicators in smart sustainable cities.
- International Telecommunication Union. (2016). Recommendation ITU-T Y.4901/L.1601 key performance indicators related to the use of information and communication technology in smart sustainable cities.
- International Telecommunication Union. (2016). Recommendation ITU-T Y.4902/L.1602 key performance indicators related to the sustainability impacts of information and communication technology in smart sustainable cities.
- International Telecommunication Union. (2016). Recommendation ITU-T Y.4903/L.1603 key performance indicators for smart sustainable cities to assess the achievement of Sustainable Development Goals.
- IPCC. (2006). Directrices del IPCC 2006 para los inventarios nacionales de gases efecto invernadero. *Agríc. silvic. y otros usos la tierra.*, 4, 1-66. Editorial IGES.
- IPCC. (1996). Climate Change 1995: A report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.
- IPCC. (2018). Summary for urban policy makers.
- IPCC. (2018). Global Warming of 1.5°.
- IRENA. (2018). Technology brief: biogas for road vehicles.
- ISO Technical Committee. (2010). ISO 21929:2010 Building construction - Sustainability in building construction - Sustainability indicators. Parte 1 - Framework for the development of indicators for buildings and core indicators.
- ISO Technical Committee. (2018). ISO 37120:2018 Sustainable cities and communities - Indicators for city services and quality of life.
- ISO Technical Committee. (2018). ISO/DIS 37122 Sustainable cities and communities - Indicators for smart cities.
- ITDP. (2018). The bike share planning guide.
- Jahanbakhsh, H., Karimi, M., Naseri, H. y Nejad, F. M. (2020). Sustainable asphalt concrete containing high reclaimed asphalt pavements and recycling agents: Performance assessment, cost analysis, and environmental impact. *J. Clean. Prod.*, 244(1), 118837.
- Jefe de gobierno de la ciudad de Buenos Aires. (2019). Conocé las metas del objetivo 11 que fueron priorizadas para la ciudad de Buenos Aires. *Buenos Aires Ciudad*. <https://www.buenosaires.gob.ar/jefedegobierno/objetivos-de-desarrollo-sostenible/ciudades-y-comunidades-sostenibles/metlas-priorizadas>
- Jenkins, J., Ginzo, H., Ogle, S. M. y Verchot, L. (2006). *Directrices del IPCC del 2006 para los inventarios de gases de efecto invernadero*. Capítulo 8. Asentamientos, 1-34. Editorial IGES.
- Jia, H., Yao, H., Tang, Y., Yu, S. L., Zhen, J. X. y Lu, Y. (2013). Development of a multi-criteria index ranking system for urban runoff best management practices (BMPs) selection. *Environ. Monit. Assess.*, 185(9), 7915-7933.
- Jiang, L. M., Yan, H. G., Meng, J. X., Yin, Z. D. y Lin, Z. (2018). Comprehensive evaluation system of power quality compensation based on grey relational analysis, in 2017 2nd International Conference on Power and Renewable Energy, ICPRE 2017, (1), 617-621.
- Jiang, Y., Hou, L., Shi, T. y Gui, Q. (2017). A review of urban planning research for climate change. *Sustain.*, 9(12).
- Jiménez, S. L. et al. (2019). A multicriteria planning framework to locate and select sustainable urban drainage systems (SuDS) in consolidated urban areas. *Sustain.*, 11(8).
- Johnson, D. y Geisendorf, S. (2019). Are Neighborhood-level SuDS Worth it? An Assessment of the Economic Value of Sustainable Urban Drainage System Scenarios Using Cost-Benefit Analyses. *Ecol. Econ.*, 158(11), 194-205.

- Jones-Walters, L. M. y Čivić, K. (2014). Implementing green infrastructure and ecological networks in Europe: Lessons learned and future perspectives. *J. Green Eng.*, 4(4), 307-324.
- Jouili, K., Al Furjani, A., Shahrouh, I. y Washington, K. (2017). The Smart City: How to Evaluate Performance? International Conference, Responsible organizations in the global context, 1-16.
- Kapelan, Z. y Behzadian, K. (2014). Modelling metabolism based performance of an urban water system using Water-Met2. *Resources, Conserv. Recycl.*, 70, 113-122.
- Kaushik, V., Jalalediny, S. y Najafi, M. (2019). Comparison of life cycle carbon footprints of steel and concrete pressure pipes. *Pipelines*, 64-74.
- Kayaçetin, N. C. y Tanyer, A. M. (2020). Embodied carbon assessment of residential housing at urban scale. *Renew. Sustain. Energy Rev.*, 117(1), 109470.
- Khunthongkeaw, J., Tangtermsirikul, S. y Leelawat, T. (2006). A study on carbonation depth prediction for fly ash concrete. *Constr. Build. Mater.*, 20(9), 744-753.
- Kisser, J. et al. (2020). A review of nature-based solutions for resource recovery in cities. *Blue-Green Syst.*, 2(1), 138-172.
- Kitzinger, J. y Barbour, R. S. (1999). Introduction: the challenge and promise of focus groups. En *Developing Focus Groups Research: Politics, Theory and Practice*, 1-21. Londres: Sage Publications Ltd.
- Kourtit, K. y Nijkamp, P. (2018). Big data dashboards as smart decision support tools for i-cities - An experiment on Stockholm. *Land use policy*, 71, 24-35.
- Kristensen, P. (2004). The DPSIR Framework.
- Kutchko, B. G. y Kim, A. G. (2006). Fly ash characterization by SEM-EDS. *Fuel*, 85(17,18), 2537-2544.
- Kyung, D., Kim, D., Yi, S., Choi, W. y Lee, W. (2017). Estimation of greenhouse gas emissions from sewer pipeline system. *Int. J. Life Cycle Assess.*, 22(12), 1901-1911.
- LA Network. (2020). Ciudad de los 15 minutos: ¿en qué consiste la propuesta de Anne Hidalgo para su segundo mandato? *Hábitat y desarrollo urbano*. <https://la.network/ciudad-de-los-15-minutos-en-que-consiste-la-propuesta-de-anne-hidalgo-para-su-segundo-mandato/>
- Lah, O., Alveano, S., Arioli, M., Chesterton, V. y Sdoukopoulos, L. (2018). *Sustainable urban mobility solutions for Asia, Latin America and the Mediterranean region*. Elsevier Inc. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814897-6.00002-8>
- Lara, T. G. (2020). La ciudad de los 15 minutos: ¿el futuro pospandemia? <https://www.redaccion.com.ar/la-ciudad-de-los-15-minutos-el-futuro-pospandemia/>
- Leal, J. (2005). *Ecoeficiencia: marco de análisis, indicadores y experiencias*. Santiago de Chile: Naciones Unidas. Editorial Cepal.
- L. G. for S. (ICLEI) y World Resource Institute (WRI). C40 Cities Climate Leadership Group. (2014). Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: An Accounting and reporting standard for cities., 1-176.
- Li, Y., Sun, Z., Han, L. y Mei, N. (2017). Fuzzy Comprehensive Evaluation Method for Energy Management Systems Based on an Internet of Things. *IEEE Access*, 5, 21312-21322.
- Libertun de Duren, N., Vera, F., Donovan, M. G., Adler, V., Wainer, L. S., Roquero, P., Poskus, M. A., Valenzuela, L., Letelier, M. y Olivares, P. (2018). *Vivienda ¿qué viene? De pensar la unidad a construir la ciudad*. V. Adler y F. Vera (eds). Banco Interamericano de Desarrollo.
- Likens, G. E. y Cowan Jr., J. H. (1992). *The Ecosystem Approach: Its Use and Abuse*. Ecology Institute.
- Lindhult, M. S. (2013). Proceedings of Fabos Conference on Landscape and Greenway Planning.
- Lindt, R. (2015). The Avalon Green Alley Network Demonstration Project. Los Angeles, CA.
- Litman, T. A. (2012). Comprehensive transport planning framework - Best practices for evaluating all options and impacts.
- Litman, T. (2019, diciembre). Developing indicators for sustainable and livable transport planning. *Transp. Res. Rec.*, 10-15. Londres y Washington, D.C. <http://newclimateeconomy.net/content/cities-working-papers>.
- Llewelyn-Davies, Weeks, Forestier-Walker y Bor. (1973). Estudio de desarrollo urbano, fase II: borrador del informe final. Banco Mundial. Departamento Administrativo de Planeación Distrital, Bogotá.
- López, M. (2019). Regulación en servicios públicos: eficiente en su momento, pero obsoleta en la actualidad. Universidad Jorge Tadeo Lozano.
- López, O. (2004). La sustentabilidad urbana. *Rev. Bitácora Urbano Territ.*, 1(8), 8-14.
- López, V. (2015). Análisis Ciudadela Colsubsidio. Bogotá.
- Losada, I. et al. (2011). Guía metodológica. Iniciativa ciudades emergentes y sostenibles.
- Lourenço, N. y Nunes, L. M. (2020). Review of Dry and Wet Decentralized Sanitation Technologies for Rural Areas: Applicability, Challenges and Opportunities. *Environ. Manage.*, 65(5), 642-664.
- Luo, G. H., Fu, Z. L. y Wang, D. H. (2012). Fuzzy comprehensive evaluation on environment air quality of Fuxin city. En Proceedings - 2012 International Conference on Computer Science and Electronics Engineering, ICCSEE 2012, 2(3), 259-261.
- Ma, F., Sha, A., Lin, R., Huang, Y. y Wang, C. (2016). Greenhouse gas emissions from asphalt pavement construction: A case study in China. *Int. J. Environ. Res. Public Health*, 13(3), 351.
- Mabe, L. et al., (2018). Indicators tools and methods for advanced city modelling and diagnosis.
- Machado, A. (2004). An index of naturalness. *J. Nat. Conserv.*, 12(2), 95-110.
- Maimon, A., Tal, A., Friedler, E. y Gross, A. (2010). Safe on-site reuse of greywater for irrigation - A critical review of current guidelines. *Environ. Sci. Technol.*, 44(9), 3213-3220.
- Makropoulos, C. K., Natsis, K., Liu, S., Mittas, K. y Butler, D. (2008). Decision support for sustainable option selection in integrated urban water management. *Environ. Model. Softw.*, 23(12), 1448-1460.
- Maksimović, Č., Kurian, M. y Ardakanian, R. (2015). *Rethinking Multi-Use Design for Infrastructure Water Services*. Cham: Springer.

- Mancarella, P. (2014). MES (multi-energy systems): An overview of concepts and evaluation models. *Energy*, 1-17.
- Marin, J. A. (2019). Análisis de la generación de residuos de construcción y demolición (RCD) en un proyecto institucional: estudio de caso.
- Marinoski, A. K. y Ghisi, E. (2019). Environmental performance of hybrid rainwater-greywater systems in residential buildings. *Resour. Conserv. Recycl.*, 144, 100-114.
- Martiskainen, M. (2016). The Role of Community Leadership in the Development of Grassroots Innovations, University of Sussex SPRU. *Working Paper Series, swps 2016-10*.
- Masson, V. et al. (2014). *Adapting cities to climate change: A systemic modelling approach. Urban Climate*, 407-429.
- Massoud, M. A., Tarhini, A. y Nasr, J. A. (2009). Decentralized approaches to wastewater treatment and management: Applicability in developing countries. *J. Environ. Manage.*, 90(1), 652-659, doi: 10.1016/j.jenvman.2008.07.001.
- MasterPlan - Desarrollo Urbano. (2019). Documento técnico de soporte Plan parcial Tibabita n.º 12.
- Matchup. (2018). Antalya lighthouse interventions design.
- Matchup. (2020). Valencia lighthouse interventions design.
- Matchup. (2020). Urban platform integration and interoperability in Antalya.
- Matchup. (2020). Urban platform integration and interoperability in Dresden.
- Matchup. (2018). Urban platform integration and interoperability in Valencia.
- Mayor of London. (2018). Zero carbon London: A 1.5 °C compatible plan.
- Mays, L. W. (2001). *Stormwater Collection Systems Design Handbook*. Nueva York: McGraw-Hill.
- Mcdaniel, R. S., Soleymani, H., Anderson, R. M., Turner, P. y Peterson, R. (2000). Recommended use of reclaimed asphalt pavement in the superpave mix design method.
- Memlük, M. Z. (2012). *Urban landscape design*. Intech. doi: 10.5772/39015
- Mendel, J. M. (2017). Uncertain rule-based fuzzy logic systems: Introduction and new directions. Springer.
- Ministerio de Agricultura. Decreto 1541 de 1978 (p. 66).
- Ministerio del Medio Ambiente. Decreto 2811 del 1974 (p. 244).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Ley 373 de 1997 (p. 6).
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (1997, 18 de julio). Licenciamiento urbanístico, reconocimiento de edificaciones y legalización de asentamientos humanos - Guía Metodológica 2, D. Of. (43 091), 1-99.
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2004). Plan nacional de manejo de aguas residuales en Colombia.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2008). Política de gestión ambiental urbana.
- Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Política Nacional de Producción y Consumo Sostenible (p. 71).
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Política Nacional de Producción y Consumo. Hacia una política de consumo sostenible y transformación productiva.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2011). Cartilla sobre criterios ambientales para el diseño y construcción de la vivienda en Colombia.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2016). Índice de calidad ambiental urbana-ICAU (pp. 1-160).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Compras Públicas Sostenibles - Guía Conceptual y Metodológica (p. 73).
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. Resolución 472 del 2017.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Planes Integrales de Gestión de Cambio Climático Territoriales. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/gestion-territorial-de-cambio-climatico/aproximacion-a-territorio-planes-territoriales-de-cambio-climatico>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Política Nacional de Cambio Climático. https://www.minambiente.gov.co/images/cambioclimatico/pdf/Politica_Nacional_de_Cambio_Climatico_-_PNCC/PNCC_Politiclas_Publicas_LI-BRO_Final_Web_01.pdf
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Guía para el uso eficiente y ahorro del agua. Una visión colectiva para el uso sostenible y responsable del agua.
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Se aprueba segunda fase del proyecto Distritos Térmicos en Colombia. <https://www.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/4328-se-aprueba-segunda-fase-del-proyecto-distritos-termicos-en-colombia>.
- Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. (2017). El aporte de la ciencia para la construcción de ciudades y regiones sostenibles e innovadoras. https://minciencias.gov.co/sala_de_prensa/el-aporte-la-ciencia-para-la-construccion-ciudades-y-regiones-sostenibles-e
- Ministerio de Medio Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2019). Tarifa mínima tasa retributiva por vertimientos puntuales del agua 2019, (8), 3323400.
- Ministerio de Hacienda. (2019). Marco Fiscal de Mediano Plazo (p. 561).
- Ministerio de Transporte. (2015). Unidad de movilidad urbana sostenible: Informe ejecutivo 2010-2018 (p. 160).
- Ministerio de Transporte. (2017). Resolución 600 del 2017. Bogotá.
- Ministerio de Transporte. (2019). Transporte en cifras 2013-2018. Bogotá.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. Resolución 0549 del 2015.
- Ministerio de Vivienda, Ambiente y Desarrollo Territorial. Resolución 1687 del 2009 (p. 69).
- Ministerio de Vivienda. (2013). Anexo técnico 1: Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones.

- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2000). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico Ras-2000, sección II, título D. Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y pluviales.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2010). Reglamento técnico del sector de agua potable y saneamiento básico Ras., título B. Sistemas de acueducto.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2015). Guía de construcción sostenible para el ahorro de agua y energía en edificaciones, (1), 1-85.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2016). Título D - Sistemas de recolección y evacuación de aguas residuales domésticas y aguas lluvias.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2018). Informe al Congreso de la República. Junio 2017- mayo 2018.
- Ministerio de Vivienda, Ciudad y Territorio. (2018). Plan Director de Aguas y Saneamiento Básico. Visión estratégica 2018-2030.
- Ministry of the Environment and Water Resources. (2019). Plan de Desarrollo Sostenible de Singapur.
- Minnesota Pollution Control Agency. (2011). *Best Management Practices Construction Costs, Maintenance Costs, and Land Requirements*. Minnesota.
- Mitchell, G. (1996). Problems and Fundamentals of Sustainable Development Indicators. *Sustain. Dev.*, 4(1), 1-11.
- Mo, H., Yan, K., Zhao, X., Zeng, Y., Wang, X. y Wang, F. Y. (2019). Type-2 Fuzzy Comprehension Evaluation for Tourist Attractive Competency. *IEEE Trans. Comput. Soc. Syst.* 6(1), 96-102.
- Morales-Betancourt, R. et al. (2017). Exposure to fine particulate, black carbon, and particle number concentration in transportation microenvironments. *Atmos. Environ.*, 157, 135-145.
- Morlans, M. C. (2005). *Introducción a la ecología del paisaje*. Catamarca: Editorial Científica Universitaria, Universidad Nacional de Catamarca.
- Mostafa, M., Adedayo Adedeji, J. y Abejide, S. (2017). Implementing waste oils with reclaimed asphalt pavement. En World Congress on Civil, Structural, and Environmental Engineering.
- Mukherji, A. (2007). The energy-irrigation nexus and its impact on groundwater markets in eastern Indo-Gangetic basin: evidence from West Bengal, India. *Energy Policy*, 35(12), 6413-6430.
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2012). Plan regional de desarrollo concertado de Lima 2012- 2025.
- Municipalidad Metropolitana de Lima. (2020). Plan metropolitano de desarrollo urbano 2021-2040.
- Municipio de Soacha. (2015). Ortofotografía área urbana del municipio de Soacha, Cundinamarca. Soacha.
- Municipio de Sao Pablo. (2009). Ley n° 14 933, del 5 de junio del 2009, Instituto a política de mudança do clima no município de São Paulo.
- Nacif, N. (2016). Diseño de indicadores urbanos de sustentabilidad. *Rev. Urbano*, 34, 6-15.
- Naciones Unidas. (2018). *La Agenda 2030 y los objetivos de desarrollo sostenible. Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. Santiago: Cepal.
- Naciones Unidas, Observatorio de Igualdad de Género para América Latina y el Caribe. (2012). *Notas de Igualdad*, (4). <https://oig.cepal.org/es/notes-for-equality>
- Naciones Unidas. Objetivos de Desarrollo Sostenible, Objetivo 11: Lograr que las ciudades sean más inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/cities/>
- Naciones Unidas. (2019). Los ocho obstáculos al desarrollo sostenible de América Latina. <https://news.un.org/es/story/2019/10/1463292>
- NAPA. (2018). *Asphalt pavement industry survey on recycled materials and warm-mix asphalt usage*. National Asphalt Pavement Association.
- National Asphalt Pavement Association. (2017). *Asphalt pavement industry survey on recycled materials and warm-mix asphalt usage*. National Asphalt Pavement Association.
- National Center for Asphalt Technology NCAT. (2012). Effect of Changing Virgin Binder Grade and Content on RAP Mixture Properties.
- National Academy of Sciences. (1988). *Biodiversity*. Washington, D.C.: The National Academies Press. <https://doi.org/10.17226/989>
- National Precast Concrete Association. (2010). Using Fly Ash in Concrete.
- Nicoletti G., Scarpetta, S. y Boylaud, O. (1999). Summary indicators of product market regulation with an extension to employment protection legislation. *oecd, eco Working Paper*, (226).
- Nilon, C. H. (2011). Urban biodiversity and the importance of management and conservation. *Landsc. Ecol. Eng.*, 7(1), 45-52.
- Njoku, P. O. y Edokpayi, J. N. (2019). Health and Environmental Risks of Residents Living Close to a Landfill: A Case Study of Thohoyandou Landfill, Limpopo Province, Suráfrica (pp. 10-12).
- Nocera, S., Dianin, A. y Cavallaro, F. (2018). Greenhouse Gas Emissions and Transport Planning: Toward a New Era?, 1.
- Noferini, L. (2016). Performances and durability of asphalt mixtures made with reclaimed asphalt pavement. Boloña: Universidad de Boloña.
- Observatorio Ambiental de Bogotá. (2018). Consumo residencial de agua por habitante-CRAPH.
- Observatorio Ambiental de Bogotá. (2020). Emisiones equivalentes de dióxido de carbono per cápita.
- Observatorio de Vivienda. (2020). Cartilla de indicadores: Ciudad. Universidad de los Andes. <https://observatoriodevivienda.uniandes.edu.co/>
- oecd. (2003). Quality Framework and Guidelines for oecd Statistical Activities.
- oecd. (2018). Improving Plastics Management: Trends, policy responses, and the role of international co-operation and trade.
- oecd. (2010). Factbook 2010: Economic, Environmental and Social Statistics. París: oecd Publishing.
- Office of Asset Management Pavement and Construction. (2013). The use of recycled tire rubber to modify asphalt binder and mixtures.

- Oficina Regional de la FAO para América Latina y el Caribe. (2000). Manual de captación y aprovechamiento del agua de lluvia.
- Oh, K. S., Leong, J. Y. C., Poh, P. E., Chong, M. N. y Von Lau, E. (2018). A review of greywater recycling related issues: Challenges and future prospects in Malaysia. *J. Clean. Prod.*, 171, 17-29.
- O'Malley M. y Kroposki, B. (2017). Unlocking flexibility: Energy Systems Integration. *IEEE Power and Energy Magazine*, 10-14.
- oms. (2003). *Domestic Water Quantity, Service Level and Health*. oms.
- onu Habitat. (2007). *Urban and Sustainable Planning: A Guide for Municipalities, 1*. Nairobi: UN-Habitat.
- Oprešnik, S. R., Seljak, T., Vihar, R., Gerbec, M. y Katrašnik, T. (2018). Real-World Fuel Consumption, Fuel Cost and Exhaust Emissions of Different Bus Powertrain Technologies. *Energies*, 11(8), 1-20.
- Ortiz, J. E., Beltrán, L., Lizárraga, C., Coronel, C. y Vásquez, G. (2013). Biorretención y reuso del agua de escorrentía urbana en climas áridos o semi-áridos: una revisión. Simposio Iberoamericano Multidisciplinario de Ciencias e Ingenierías (pp. 17-22).
- osc. (2019). Observatorio del Sistema de Ciudades (isc). <https://osc.dnp.gov.co/index.php/escalafones/sistema-de-ciudades>
- Oviedo, D. y Titheridge, H. (2016). Mobilities of the periphery: Informality, access and social exclusion in the urban fringe in Colombia. *J. Transp. Geogr.*, 55, 152-164.
- Padula, F. R. G., Nicodemos, S., Mendes, J. C., Willis, R. y Taylor, A. (2019). Evaluation of fatigue performance of high RAP-WMA mixtures. *Int. J. Pavement Res. Technol.*, 12(4), 430-434.
- Pakula, C. y Stamminger, R. (2015). Energy and water savings potential in automatic laundry washing processes. *Energy Effic.*, 8(2), 205-222.
- Panagopoulos, T., González Duque, J. A. y Bostenaru Dan, M. (2016). Urban planning with respect to environmental quality and human well-being. *Environ. Pollut.*, 208, 137-144.
- Pantini, S., Borghi, G. y Rigamonti, L. (2018). Towards resource-efficient management of asphalt waste in Lombardy region (Italy): Identification of effective strategies based on the LCA methodology. *Waste Manag.*, 80, 423-434.
- Pappalardo, V. y La Rosa, D. (2019). Policies for sustainable drainage systems in urban contexts within performance-based planning approaches. *Sustain. Cities Soc.*, 52, 101830, doi: 10.1016/j.scs.2019.101830.
- Paruelo, J. M., Jobbágy, E. G., Laterra, P., Dieguez, H., Gracia Collazo, M. A. y Panizza, A. (eds.). (2014). *Ordenamiento Territorial Rural: conceptos, métodos y experiencias*. Buenos Aires: FAO, Ministerio de Agricultura, Ganadería y Pesca, INTA y FAUBA.
- Pavolová H., Bakalár, T., Kudelas, D. y Puškárová, P. (2019). Environmental and economic assessment of rainwater application in households. *J. Clean. Prod.*, 209, 1119-1125.
- Pendall R., Theodos, B. y Franks, K. (2012). The Built Environment and Household Vulnerability in a Regional Context.
- Peñalosa, E. y Currie, L. (1953). Plan para Bogotá. Consejo Nacional de Planificación. Bogotá: Imprenta Nacional.
- Pérez, M. A. (2014). Conflictos ambientales en Colombia: inventario, caracterización y análisis. En J. Viana Saldarriaga (ed.), *Minería en Colombia: Control público, memoria y justicia socio-ecológica, movimientos sociales y posconflicto*. Bogotá: Contraloría General de la República.
- Periodismo Público. (2016). Aseo Internacional lanza en Soacha proyecto de contenerización. Soacha.
- Peterson, C. (2010). *Cities and solid waste. Field Reference Guide Eco2 Cities: Ecological Cities as Economic Cities*. Washington, D.C.: Banco Mundial.
- Picioroaga, I. I., Eremia, M. y Sanduleac, M. (2018). Smart City: Definition and evaluation of key performance indicators. *EPÉ 2018 - Proceedings of the 2018 10th International Conference and Expositions on Electrical and Power Engineering* (pp. 217-222).
- Pikora, T., Giles-Corti, B., Bull, F., Jamrozik, K. y Donovan, R. (2003). Developing a framework for assessment of the environmental determinants of walking and cycling. *Soc. Sci. Med.*, 56(8), 1693-1703.
- Pinilla, Amarilo y P. & G. (2009). Ciudad Verde - Soacha. Bogotá.
- Pinto, A. C. (2010). La gestión del suelo y sus instrumentos de financiamiento. En *Las ciudades del mañana*. Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Pipatti, R. y Svardal, P. (2006). *Solid Waste Disposal 2006 IPCC Guidelines for National Greenhouse Gas Inventories*. Volumen 5, capítulo 3. Editorial IGES.
- Pipatti, R. et al. (2006). Waste generation, composition and management data.
- Pitt, R., Maestre, A. y Morquecho, R. (2004, enero). Findings from the national stormwater quality database (nsqdb). *1st Annu. Stormwater*, 1-9.
- Pitt, R. y J. Voorhees. (2002). SLAMM, the source loading and management model. En R. Field y D. Sullivan (eds.), *Wet-Weather Flow in the Urban Watershed* (pp. 1-29). Boca Ratón: CRC Press.
- Pojani, D. y Stead, D. (2017). The urban transport crisis in emerging economies.
- Posada, E. (2020). Ciudades de 15 minutos. *El Tiempo*. <https://www.eltiempo.com/opinion/columnistas/eduardo-posada-carbo/columna-de-eduardo-posada-carbo-sobre-las-ciudades-de-15-minutos-535855>
- Pouranian, M. R. y Shishehbor, M. (2019). Sustainability assessment of green asphalt mixtures: A review. *MDPI. Environ.* 6(6).
- Pradhan, S., Al-Ghamdi, S. G. y Mackey, H. R. (2019). Greywater recycling in buildings using living walls and green roofs: A review of the applicability and challenges. *Sci. Total Environ.*, 652, 330-344.
- Prefeitura da cidade do Rio de Janeiro. (2021). Plano de Desenvolvimento Sustentável. <http://www.rio.rj.gov.br/web/universidade-rio/plano-de-desenvolvimento-sustentavel>
- Prensa Libre Casanare. (2017). Con ladrillos ecológicos y al estilo Lego se construye en Casanare.
- PricewaterhouseCoopers, Significant, and Ecofys. (2009). Collection of statistical information on Green Public Procurement in the EU Report on data collection results.
- Prior, J. y Brady, E. (2015). Environmental aesthetics and rewilding. *Environmental Values*, 26(1), 31-51.

- Prodesa. (2020). Plan 12 Lagos de Torca. American Pipe. Bogotá.
- Promotora Andalucía. (2019). Documento técnico de soporte Proyecto Plan parcial 20: El Coral Lagos de Torca.
- Provis J. L., Palomo, A. y Shi, C. (2015). Advances in understanding alkali-activated materials. *Cement and Concrete Research*, 78, 110-125.
- Proyectar. (2019). Plan parcial n.º 12 Tibabita. Bogotá.
- Publicaciones Semana S.A. (2019). Tratamiento de agua y saneamiento básico: una necesidad de país.
- Publicaciones Semana S.A. (2019). Descontaminación del río Bogotá, otra vez en el limbo.
- Puentes A. (2020). Lo que le falta a Bogotá para ser una ciudad de 15 minutos, *El Tiempo*, <https://www.eltiempo.com/bogota/pot-que-le-falta-a-bogota-para-ser-una-ciudad-de-los-15-minutos-537548>
- Qiu, D., Pan, A., Xu, Q. y Zhuo, X. (2010). Fuzzy comprehensive evaluation of urban transportation sustainable development in Wenzhou city. 2010 International Conference on Computer Design and Applications, 3, 599-602.
- Quijano, A. et al. (2020). Kpis definition for pre-intervention data collection.
- Quijano, N., Ocampo-Martínez, C., Barreiro-Gómez, J., Obando, G., Pantoja, A. y Mojica-Nava, E. (2017). The role of population games and evolutionary dynamics in distributed control systems: The advantages of evolutionary game theory. *IEEE Control Systems*, 37(1), 70-97.
- Quintero, M. C. (2019, 18 de octubre). 8 proyectos innovadores de regeneración urbana para el desarrollo económico local. *Ciudades sostenibles*. <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/lac-cities-challenge-proyectos-innovadores-regeneracion-urbana-desarrollo-economico-local/>
- Quiroga, R. (2001). *Indicadores de sostenibilidad ambiental y de desarrollo sostenible*, 16. Cepal.
- Quiroga, R. (2007). *Indicadores ambientales y de desarrollo sostenible: avances y perspectivas para América Latina y el Caribe*. Cepal.
- Racoviceanu, A. I., Karney, B. W., Asce, M., Kennedy, C. A. y Colombo, A. F. (2007). Life-cycle energy use and greenhouse gas emissions inventory for water treatment systems. *ASCE Journal of Infrastructure Systems*, 13(4).
- Rail, Tram and Bus Union Australia (RTBU Australia). (2015). Innovative funding models for public transport in Australia. Final Report. http://www.rtbu.org.au/innovative_funding_models
- Ramírez-Aguilar, E. A. y Lucas, L. C. (2019, mayo). Urban form and population density: Influences on urban heat island intensities in Bogotá, Colombia. *Urban Clim.*, 29, 100497.
- Ramírez, M. C. (2020). La baja capacidad innovadora ha llevado a una pérdida de productividad en Colombia. *La República*. <https://www.larepublica.co/economia/la-baja-capacidad-innovadora-ha-llevado-a-una-perdida-de-productividad-en-colombia-3072695>
- Ramsar Regional Center - East Asia. (2017). *The Designation and Management of Ramsar Sites - A Practitioner's Guide*.
- Rantanen, J., Lehtinen, S., Valenti, A. y Iavicoli, S. (2017). A global survey on occupational health services in selected international commission on occupational health (ICOH) member countries. *BMC Public Health*, 1-15.
- Rhodes, R. A. W. (1996). The new governance: Governing without Government. *Polit. Stud.*, 44(4), 652-667.
- Rich, D., Finnegan, J., Owen-Jones, R., García-Guerrero, A., Dickinson, J. y Barth, K. (2014). *Policy and action Standard*. World Resources Institute.
- Riverside County Flood Control and Water Conservation District. (2011). *Design Handbook for Low Impact Development Best Management Practices*. Riverside, CA.
- Riza, F. V., Rahman, I. A., Mujahid, A. y Zaidi, A. (2010). A brief review of compressed stabilized earth brick (CSEB). CSSR 2010-2010 International Conference on Science and Social Research (pp. 999-1004).
- Robele, S., Newton A. y Icely, J. (2015). A review of the application and evolution of the DPSIR framework with an emphasis on coastal social-ecological systems. *Ocean & Coastal Management*, 63-77.
- Rode, P., Floater, G., Thomopoulos, N. y Docherty, J. (2017). Accessibility in cities: Transport and urban form. En *Disrupting Mobility* (pp. 239-273).
- Rode, P., Heeckt, C. y Da Cruz, N. (2017). National transport policy and cities: Key policy interventions to drive compact and connected urban growth. *USECITIES Coalition for Urban Transitions*.
- Rodríguez, M. (2007). La problemática del riesgo en los proyectos de infraestructura y en los contratos internacionales de construcción. *Mercatoria* 6(1).
- Rodríguez, M. I. (2016). Proyecto piloto de ahorro en vivienda para el modelo de financiamiento verde en Colombia.
- Rodríguez, C. M., Medina, J. M., Pinzón, A. y García, A. (2020). A post-occupancy strategy to improve thermal comfort in social housing in a tropical highland climate: A case study in Bogotá, Colombia. *Inf. la Constr.*, 71(555).
- Rogers, B. C. y Hammer, K. (2019). Realising the vision of a water sensitive city. The Source, International Water Association. <https://www.thesourcemagazine.org/realising-the-vision-of-a-water-sensitive-city/#:~:text=A%20research%20project%20by%20the,for%20their%20water%20sensitive%20city>
- Rogers, B. C., Dunn, G., Hammer, K., Novalia, W., De Haan, F. J., Brown, L., Brown, R. R., Lloyd, S., Urich, C., Wong, T. H. F. y Chesterfield, C. (2020). Water Sensitive Cities Index: A diagnostic tool to assess water sensitivity and guide management actions. *Water Research*, 186. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2020.116411>
- Rogers, B. C. y Fielding, K. (2018). Water sensitive city visions and transition strategies (IRP1). CRC for Water Sensitive Cities. <https://watersensitivecities.org.au/content/project-irp1/>
- Rúa, J. (2020). Plan Parcial El Bosque. Bogotá: Amarilo.
- Rueda, S. (2015). ¿Qué son las supermanzanas y cómo benefician a las ciudades? <https://blogs.iadb.org/ciudades-sostenibles/es/supermanzanas/>.

- Rueda, S. (2019). "Supermanzanas", como nuevo modelo urbano. <https://www.archdaily.co/co/922775/supermanzanas-como-nuevo-modelo-urbano-por-salvador-rueda>
- Rughooputh, R., Beeharry, R. y Qasrawi, H. (2020). Warm mix asphalt for better sustainability under tropical climate. *Int. J. Pavement Eng.*, 21(1), 1-8.
- Sadeghi, K. M., Kharaghani, S., Tam, W., Gaerlan, N. y Loáiciga, H. (2019). Green stormwater infrastructure (gsi) for stormwater management in the city of Los Angeles: Avalon Green Alleys Network. *Environ. Process.*, 6(1), 265-281.
- Salazar, J. (2010). Ordenamiento urbano y consolidación de políticas del suelo. En *Las ciudades del mañana*. Departamento Nacional de Planeación (DNP).
- Salbitano, F., Borelli, S., Conigliaro, M. y Chen, Y. (2016). *Guidelines on urban and peri-urban forestry*. Roma: FAO.
- Saldarriaga, A. et al. (1996). *Estado, ciudad y vivienda: Urbanismo y arquitectura de la vivienda estatal en Colombia, 1918-1990*. Bogotá: Inurbe.
- Samar, J. (2019). Las supermanzanas de Barcelona un ejemplo de planificación. <https://movilidadconectada.com/2019/09/25/las-supermanzanas-de-barcelona-un-ejemplo-de-planificacion/>
- Samper, G. (2011). *Diseño urbano en la ciudadela Colsubsidio*. Germán Samper Ed.
- Santamaría, C. (2019). *Propuesta Borde Norte*. Bogotá.
- Santana, M. del C, Bonilla, J. F. y Castillo, C. A. (2015). *Rango de Consumo - Básico*.
- Santana, D., Pérez, G. A., García, M., Gómez, J. T. y Morales, M. (2010). Diagnóstico de la gestión de residuos en una obra de construcción en el municipio de Varadero. *Rev. Av. Científica*, 13(2), 1-15.
- Santiago, C. D. C., Wadsworth, M. E. y Stump, J. (2011). Socioeconomic status, neighborhood disadvantage, and poverty-related stress: Prospective effects on psychological syndromes among diverse low-income families. *J. Econ. Psychol.*, 32(2), 218-230.
- Schosinsky, G. y Losilla, M. (2000). Modelo analítico para determinar la infiltración con base en la lluvia mensual. *Rev. Geológica América Cent.*, 43-55.
- Schuschny, A. y Soto, H. (2009). Guía metodológica. Diseño de indicadores compuestos de desarrollo sostenible. Santiago de Chile.
- Scott, C., Pierce, S., Pasqualetti, M., Jones, A., Montz, B. y Hoover, J. (2011). Policy and institutional dimensions of the water-energy nexus. *Energy Policy*, 39(10), 6622-6630.
- scs engineers. (2007). Informe de evaluación. Relleno sanitario Doña Juana.
- scs engineers. (2017). Biogas Model Project 10297: Nuevo Mondoñedo landfill gas recovery, flaring and energy production and transformation for leachate evaporation.
- Secretaría de Habitat. (2018, agosto). Línea base plan de gestión integral de residuos sólidos. Bogotá.
- Secretaría de Planeación y Ordenamiento Territorial. (2017). Plan de Ordenamiento Territorial de Soacha (p. 422).
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2012). Resolución 1115 del 2012.
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2020). Compras verdes en las entidades públicas del distrito (CVERD). Observatorio Ambiental de Bogotá. <https://oab.ambientebogota.gov.co/>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2020). Red de monitoreo de calidad del Aire de Bogotá. <http://ambientebogota.gov.co/red-de-calidad-del-aire>
- Secretaría Distrital de Planeación. (2018). Cartilla de andenes. Bogotá.
- Secretaría Distrital de Planeación. (2019, 10 sept.). Documento técnico de soporte. Plan parcial 14 Las Flores.
- Secretaría Distrital de Planeación. (2019, 25 oct.). Documento técnico de soporte Plan parcial 25 Sorrento.
- Secretaría Distrital de Planeación. (2019, 5 nov.). Documento técnico de soporte Plan parcial 24 Santa María.
- Secretaría Distrital de Planeación. (2020). Lagos de Torca. <http://www.sdp.gov.co/micrositios/lagos-de-torca/como-se-hace>.
- Secretaría Distrital de Movilidad. (2019). Encuesta de Movilidad 2019. https://www.movilidadbogota.gov.co/web/encuesta_de_movilidad_2019.
- Seyring, N., Dollhofer, M., Weißenbacher, J., Herczeg, M. y David, M. (2015, noviembre). Assessment of 3 + separate collection schemes in the 28 capitals of the EU. BIPRO/CR1.
- Sharp, R., Chaplin-Kramer, R., Wood, S., Guerry, A., Tallis, H. y Ricketts, T. (2018). *Invest User's Guide*.
- Shen, L., Huang, Z., Wong, S. W., Liao, S. y Lou, Y. (2018). A holistic evaluation of smart city performance in the context of China. *J. Clean. Prod.*, 200, 667-679.
- Shi, L., Liu, P., Kloog, I., Lee, M., Kosheleva, A. y Schwartz, J. (2016). Estimating daily air temperature across the Southeastern United States using high-resolution satellite data: A statistical modeling study. *Environ. Res.*, 146, 51-58.
- sic. (2011). Tecnologías para una movilidad en beneficio del medio ambiente Biodiesel de Segunda y Tercera Generación. *Boletín Tecnológico 03*. Bogotá.
- Siddiqi, A. A. L. (2011). The water-energy nexus in Middle East and North Africa. *Energy Policy*, 39(8), 4529-4540.
- Simonen, K., Rodríguez, B. X. y De Wolf, C. (2017). Benchmarking the Embodied Carbon of Buildings. *Technol. Archit. Des.*, 1(2), 208-218.
- Sims, R. et al. (2014). Transport. In: *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Contribution of Working Group III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge, Reino Unido y Nueva York.
- Sinclair Knight Merz. (2012). *International waste strategy benchmarking*.
- Sistema único de información de servicios públicos domiciliarios. (2019). *Sistemas de abastecimiento*.
- Sistema único de información de servicios públicos domiciliarios. (2019). *Indicadores comerciales*.

- Sistema único de información de servicios públicos domiciliarios. (2019). Toneladas de barrido y recolección y transporte Empresa Aseo Internacional S.A. E.S.P. https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Aseo/2019/Sep/evaluacion_integral_aseo_internacional_2019.pdf
- Sistema único de información de servicios públicos domiciliarios. (2019). Vehículos registrados empresa Aseo Internacional S.A. E.S.P. <https://www.superservicios.gov.co/sites/default/archivos/Acueducto%2C%20alcantarillado%20y%20aseo/Aseo/2018/Sep/2016evaluacionintegraldeaseointernacionals.a.e.s.p.pdf>
- Skoulikidis, N. T. (2009). The environmental state of rivers in the Balkans. A review within the DPSIR framework. *Science of the Total Environment*, 407(8), 2501-2516.
- Smith, A., Brown, K., Ogilvie, S., Rushton, K. y Bates, J. (2001). Waste Management Options and Climate Change: Final Report.
- Smith, K., Liu, S. y Chang, T. (2016). Contribution of urban water supply to greenhouse gas emissions in China. *J. Ind. Ecol.*, 20(4), 792-802.
- Soh Kheang, Loh. (2016). Biocombustibles de segunda generación de la biomasa de palma de aceite. *мрoв* (Mesa de Palma de Aceite de Malasia). http://web.fedepalma.org/sites/default/files/files/Fedepalma/Memorias%20de%20la%20XVIII%20Conferencia%20Internacional%20sobre%20Palma%20de%20aceite/M_2_14_%20Biocombustibles%20de%20segunda.pdf
- Song, W., Huang, B. y Shu, X. (2018). Influence of warm-mix asphalt technology and rejuvenator on performance of asphalt mixtures containing 50 % reclaimed asphalt pavement. *J. Clean. Prod.*, 192, 191-198.
- Srinivas, H. (2019). Sustainable development: Concepts. *гoрc* research output E-008 (pp. 9-10).
- State of Green. (2016). Urban innovation for liveable cities.
- Stave, K. (2003). A system dynamics model to facilitate public understanding of water management options in Las Vegas, Nevada. *J. Environ. Manage.*, 67, 303-313.
- Stockholm Planning Administration. (2019). Stockholm City Plan.
- Strecker, E., Sheffield, A., Cristina, C. y Leisenring, M. (2010). *Stormwater BMP Guidance Tool. A Stormwater Best Management Practices Guide for Orleans and Jefferson Parishes*. Luisiana: beq.
- Sun, S., Wang, Y., Liu, J., Cai, H., Wu, P., Qingling, G. y Xu, L. (2016). Sustainability assessment of regional water resources under the DPSIR framework. *Journal of Hydrology*, 140-148.
- Superintendencia Delegada para Energía y Gas. (2019). Diagnóstico de la calidad del servicio de energía eléctrica en Colombia 2018. Dirección técnica de gestión de energía.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2016). Disposición final de residuos sólidos - Informe nacional 2015.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2017). Evaluación integral de prestadores. Centro de gerenciamiento de residuos Doña Juana S.A. E.S.P. Bogotá.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2019). Evaluación integral de prestadores. Aseo Internacional S.A. E.S.P., Bogotá.
- Superintendencia de Servicios Públicos Domiciliarios. (2019). Informe de seguimiento a sitios de disposición final Nuevo Mondoñedo S.A. E.S.P.
- Susdrain. (2012). Dunfermline Eastern Expansion, Scotland. http://www.susdrain.org/case-studies/case_studies/dunfermline_eastern_expansion_scotland.html.
- Sustainable Development Solutions Network. (2019). A Pathway to sustainable American cities: A guide to implementing the SDGs.
- Sustainable Recycling Industries. (2018). Life cycle inventories of cement, concrete and related industries - Colombia and Peru.
- Tan, Y., Jiao, L., Shuai, C. y Shen, L. (2018). A system dynamics model for simulating urban sustainability performance: A China case study. *J. Clean. Prod.*, 199, 1107-1115.
- Tang, B., Tang, J., Liu, Y. y Zeng, F. (2019). Comprehensive Evaluation and Application of eis Insulation Condition Part 1: Selection and Optimization of Insulation Condition Comprehensive Evaluation Index Based on Multi-Source Information Fusion. *IEEE Access*, 7, 88254-88263.
- Tang, B., Sun, Y., Wu, S., Gao, K., Yan, X. y Zeng, F. (2019). Comprehensive evaluation and application of eis insulation condition Part 2: Construction and application of comprehensive evaluation model considering universality and economic value. *IEEE Access*, 7, 129127-129135.
- Tansley, A. G. (1935). The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology*, 16(3), 284-307, 1935.
- Tao, X. (2011). Fuzzy comprehensive evaluation of urban ecological safety in Shenzhen city. Proceedings of the 2011 Chinese Control and Decision Conference, ccdc 2011 (pp. 1176-1181).
- Targino, A. C., Coraiola, G. C. y Krecl, P. (2019). Green or blue spaces? Assessment of the effectiveness and costs to mitigate the urban heat island in a Latin American city. *Theor. Appl. Climatol.*, 136(3,4), 971-984.
- Taveres-Cachat, E., Grynning, S., Thomsen, J. y Selkowitz, S. (2019). Responsive building envelope concepts in zero emission neighborhoods and smart cities - A roadmap to implementation. *Build. Environ.*, 149, 446-457.
- Tecnalia. (2017). Estudio en la intensidad de utilización de materiales y economía circular en Colombia para la Misión de Crecimiento Verde - Producto 1. Diagnóstico de eficiencia en uso de materiales y cierre de ciclos en los sectores manufacturero y de construcción en Colombia.
- Teodoro, M. P. (2018). Measuring household affordability for water and sewer utilities. *J. Am. Water Works Assoc.*, 110(1), 13-24.
- The Cooperative Research Centre for Water Sensitive Cities (crcwsc). (2020). Water Sensitive Cities. <https://watersensitivecities.org.au/>
- The Intergovernmental Panel on Climate Change. (2019). Refinement to the 2006 ipcc Guidelines form national greenhouse gas inventories. Editorial iges.
- The Urbes Project. (2013). Valuing ecosystem services in urban areas (pp. 1-4).
- Timilsina, G. R. y Dulal, H. B. (2008). Fiscal policy instruments for reducing congestion and atmospheric emissions in the transport sector.

- Tirachini, A. y Hensher, D. A. (2012). Multimodal transport pricing: First best, second best and extensions to non-motorized transport. *Transp. Rev.*, 32(2), 181-202.
- The City of Edinburgh Council. (2016). Edinburgh Local Development Plan.
- Thinkstep ANZ. (2019). Under Construction: Hidden emissions and untapped potential of buildings for New Zealand's 2050 zero carbon goal.
- Tomes, T. y Williams, L. (2020). Ditching diesel a cost-benefit analysis of electric refuse collection. Bristol.
- Toronto and Region Conservation Authority. (2010). *Low Impact Development Stormwater Management Planning and Design Guide*. Toronto.
- Torres, M. N., Fontecha, J. E., Zhu, Z., Walteros, J. L. y Rodríguez, J. P. (2020). A participatory approach based on stochastic optimization for the spatial allocation of Sustainable Urban Drainage Systems for rainwater harvesting. *Environ. Model. Softw.*, 123, 104532.
- Torres, M. E., (2019). Supermanzanas de Barcelona: el exitoso plan anti-coches que arrancó con la oposición vecinal. https://elpais.com/elpais/2019/10/07/icon_design/1570456123_584326.html
- Trapp, J. H., Kerber, H. y Schramm, E. (2017). Implementation and diffusion of innovative water infrastructures: obstacles, stakeholder networks and strategic opportunities for utilities. *Environ. Earth Sci.*, 76(4), 1-14, doi: 10.1007/s12665-017-6461-8.
- Triana, M. A., Lamberts, R. y Sassi, P. (2018). Should we consider climate change for Brazilian social housing? Assessment of energy efficiency adaptation measures. *Energy Build.*, 158, 1379-1392.
- Turcott, D. E. (2018). Sistema de indicadores para la evaluación integral y control de la gestión de residuos municipales. Universidad de Cantabria.
- Udensi, L. O., Udoh, O. S., Daasi, G. L. K. y Igbara, F. N. (2012). Community leadership and the challenges of community development in Nigeria: The case of Boki local government area, Cross River State. *International Journal of Development and Sustainability*, 1(3).
- UNECE. (2012). Empowering Women for Sustainable Development. *Discussion Paper Series* (2012.1).
- Unidad Administrativa Especial de Servicios Públicos. (2011). Caracterización de los residuos sólidos residenciales generados en la ciudad de Bogotá, D. C.
- Unidad de Planeación Minero Energética, Ministerio de Minas y Energía. (2017). Plan de Acción Indicativo de Eficiencia Energética 2017-2022.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2014). *Evaluación de la situación actual y futura del mercado de los materiales de construcción y arcillas en las ciudades de Bogotá, Medellín, Bucaramanga, Barranquilla, Santa Marta y Eje Cafetero*. Bogotá: UPME.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2016). Calculadora de emisiones.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2020). Plan energético nacional 2020-2050.
- Unidad de Planeación Minero Energética, Ecoingeniería. (2012). Determinación de propiedades físicas y estimación del consumo energético de la producción de acero, concreto, vidrio, ladrillo y otros materiales, entre ellos los alternativos y otros de uso no tradicional, utilizados en la construcción de edificaciones.
- Unidad de Planeación Minero Energética y Corpoema. (2012). *Caracterización energética del sector residencial urbano y rural en Colombia. Volumen 2: Caracterización por piso térmico*. Bogotá: UPME.
- Unidad de Planeación Minero Energética. (2017). Factores de emisión del Sistema Interconectado Nacional Colombia (SIN). Bogotá, D. C.
- Universidad de los Andes. Zero greenhouse gas emissions roadmap para Colombia: Diagnóstico, perspectivas y lineamiento para definir estrategias posibles ante el cambio climático. [En desarrollo.]
- Universidad Nacional de Colombia. (2007). Manual de indicadores de proceso en el marco del sistema de mejor gestión.
- University of Arkansas Community Design Center. (2018). *Low Impact Development: A Design Manual for Urban Areas*. Arkansas: Universidad de Arkansas.
- UN-Habitat, UNEP y SloCaT. (2015). *Analysis of the Transport Relevance of Each of the 17 SDGs* (p. 20).
- UN-Habitat. (2014). *Planning and Design for Sustainable Urban Mobility*. Reino Unido: Typeset in Weidemann BT and Gill Sans by Florence Production Ltd.
- United Nations. (2007). *Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies*. Nueva York: United Nations.
- United Nations. (2010). Waste Management. Trends in Sustainable Development Chemicals, Mining, Transport and Waste Management (pp. 26-35).
- UNIDO. (2016). Sustainable Cities. Hubs of innovation, low carbon industrialization and climate action.
- United Nations. (2013). Toward sustainable cities. World economic and social survey, capítulo 3.
- United Nations. (2018). Goal 11: Make cities inclusive, safe, resilient and sustainable. <https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/#tab-2267862e52845f3d178>
- United Nations Environment Programme. (2014). District Energy—Unlocking the Potential of Energy Efficiency and Renewable Energy. Editorial UNEP.
- United Way. (2010). Community leadership development.
- Urban Drainage and Flood Control Distric. (2010). *Urban Storm Drainage. Criteria Manual. Volumen 3- Best management practices*. Denver, co: Water Resources Publications, LLC.
- Vahidi, E., Jin, E., Das, M., Singh, M. y Zhao, F. (2016). Environmental life cycle analysis of pipe materials for sewer systems. *Sustain. Cities Soc.*, 27, 167-174.
- Van der Hammen, M. C., Frieri, S., Zamora, N. C. y Navarrete, M. P. (2012). 2. Autodiagnóstico: reflexionar para conocer el territorio. Herramientas para la formación en contextos interculturales. Servicio Nacional de Aprendizaje, Tropenbos Internacional, Bogotá, D. C. <https://www.tropenbos.org/file.php/916/autodiagnostico.pdf>

- Van der Hammen, T. y Andrade, G. I. (2003). Estructura ecológica principal de Colombia: primera aproximación. Bogotá, D. C. Editorial IDEAM.
- Van Rooij, W. y Arets, E. (2017). Biodiversity footprint of companies summary report.
- Vargas, H. I. (2007). *Cincuenta años en la construcción de Colombia. Camacol 1957-2007*. Bogotá: Panamericana.
- Vargas, H. (2015). *Hacia la reinención de la vivienda de interés social. Proyecto experimental de vivienda PREVI. Lima: Diseño y tecnología en un nuevo barrio*. Bogotá: Ediciones Uniandes.
- Vargas, H. I. (2010). Notas para un contexto sobre el Plan Pílotto y el Plan Regulador de Bogotá de Le Corbusier en Bogotá 1947-1951. Ed. Javegraf.
- Varios. 1967. Acuerdo 82 de 1967 (Agrupaciones de viviendas)-Rev. Escala.
- Vélez, L. A. y Gómez, A. (2008, enero-febrero). Un marco conceptual y analítico para estimar la integridad ecológica a escala de paisaje. *ARBOR Ciencia, Pensam. y Cult.*, 729, 31-44.
- Venkatesh, G., Hammervold, J. y Brattebø, H. (2009). Combined MFA-LCA for analysis of wastewater pipeline networks: Case study of Oslo, Norway. *J. Ind. Ecol.*, 13(4), 532-550.
- Vidal, L. F. y Andrade, G. I. (2014). *Buscando respuestas en un entorno cambiante*. Lima: Visión.
- Vidal R., Moliner, E., Martínez, G. y Rubio, M. C. (2013). Life cycle assessment of hot mix asphalt and zeolite-based warm mix asphalt with reclaimed asphalt pavement. *Resour. Conserv. Recycl.*, 74., 101-114.
- Vila, I. (2006). *Macrófitas y vertebrados de los sistemas límnicos de Chile*. Santiago de Chile: Editorial Universitaria.
- Virginia Department of Transportation. (2013). *BMP Desing Manual of Practice*, 1, 344.
- Votruba, N. y Eaton, J. (2014). The importance of Global Mental Health for the Sustainable Development Goals. *Journal of Mental Health*.
- Wang, H., Ou, X. y Zhang, X. (2017). Mode, technology, energy consumption, and resulting CO₂ emissions in China's transport sector up to 2050. *Energy Policy*, 109, 719-733.
- Wang, M. y Niu, D. (2019). Research on project post-evaluation of wind power based on improved ANP and fuzzy comprehensive evaluation model of trapezoid subordinate function improved by interval number. *Renew. Energy*, 132, 255-265.
- Wang, L. X. (1997). A Course in Fuzzy y Guaje, O. (2019). Commute patterns and depression: Evidence from eleven Latin American cities. *J. Transp. Heal.*, 14(100607).
- Waste and Resources Action Programme WRAP UK. (2016). Comparing the cost of alternative waste treatment options - Gate Fees report 2016.
- Waughray, D. (2011). *Water Security: the Water Food Energy Climate Nexus. The World Economic Forum Water Initiative*. Washington: Island Press.
- wb. (2017). The high toll of traffic injuries: unacceptable and preventable. Washington, D.C.
- Webb, M., Scott, A., Gençsü, I. y Broekhoff, D. (2020). Urban energy and the climate emergency: Achieving decarbonisation via decentralisation and digitalization. Coalition for Urban Transitions, Londres y Washington, D.C. <https://urbantransitions.global/publications>.
- Wei, Y., Zhang, J. y Wang, J. (2018). Research on Building Fire Risk Fast Assessment Method Based on Fuzzy comprehensive evaluation and svm. 8th International Conference on Fire Science and Fire Protection Engineering (pp. 1141-1150).
- White, I. (2010). Rainwater harvesting: Theorising and modelling issues that influence household adoption. *Water Sci. Technol.*, 62(2), 370-377.
- Wilson, D. C. et al. (2015). Wasteaware' benchmark indicators for integrated sustainable waste management in cities. *Waste Manag.*, 35, 329-342.
- Wojewnik-Filipkowska A. y Wegrzyn J. (2019). Understanding of Public-Private Partnership Stakeholders as a Condition of Sustainable Development. *Sustainability*, 11(4), 1194.
- World Health Organization. (2010). *Urban Planning, Environment and Health. From Evidence to Policy Action*. Suiza: World Health Organization.
- World Resource Institute (WRI) Brasil, Ross Center for Sustainable Cities. (2017). Rio de Janeiro lança estratégia apoiada na governança e no planejamento para o desenvolvimento sustentável. <https://wricidades.org/noticia/rio-de-janeiro-lanca-estrategia-apoiada-na-governanca-e-no-planejamento-para-o-desenvolvimento-sustentavel>
- World Resource Institute, C40 Cities Climate Leadership Group, Local Governments for Sustainability (ICLEI). (2014). Global Protocol for Community-Scale Greenhouse Gas Emission Inventories: An Accounting and Reporting Standard for Cities. World Resource Institute (pp. 1-176).
- Wu, Z., Ni, X., Wu, G., Shi, J., Liu, H. y Hou, Y. (2019). Comprehensive Evaluation of Power Supply Quality for Power Sale Companies Considering Customized Service. 2018 International Conference on Power System Technology, Powercon 2018 - Proceedings, 2019, n.º 201804270000830 (pp. 734-739).
- Wu, J., He, C., Huang, G. y Yu, D. (2013). Urban Landscape Ecology: Past, Present, and Future. En B. Fu y B. K. Jones (eds), *Landscape Ecology for Sustainable Environment and Culture* (pp. 37-53). Nueva York: Springer.
- Xing, Z., Fu, Q. y Liu, D. (2011). Water quality evaluation by the fuzzy comprehensive evaluation based on ew method. Proceedings - 2011 8th International Conference on Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (pp. 476-479).
- Xu, G. y Shi, X. (2018). Characteristics and applications of fly ash as a sustainable construction material: A state-of-the-art review. *Resources, Conservation and Recycling*, 136, 95-109. Elsevier.
- Yang, W., Xu, K., Lian, J., Bin, L. y Ma, C. (2018). Multiple flood vulnerability assessment approach based on fuzzy comprehensive evaluation method and coordinated development degree model. *J. Environ. Manage.*, 213, 440-450.
- Yoo, C., Im, J., Park, S. y Quackenbush, L. J. (2018). Estimation of daily maximum and minimum air temperatures in urban landscapes using MODIS time series satellite data. *ISPRS J. Photogramm. Remote Sens.*, 137, 149-162.

Zhang, P., Zhang, L., Chang, Y., Xu, M., Hao, Y., Liang, S., Liu, G., Yang, Z. y Wang, C. (2019). Food-energy-water (FEW) nexus for urban sustainability: A comprehensive review. *Resources, Conservation Recycling*, 142, 215-224.

Zhou, N., He, G., Williams, C. y Fridley, D. (2015). Elite cities: A low-carbon eco-city evaluation tool for China. *Ecol. Indic.*, 48, 448-456.

Zhu, L. W. y Zhao, P. (2013). Temporal Variation in Sap-Flux-Scaled Transpiration and Cooling Effect of a Subtropical *Schima superba* Plantation in the Urban Area of Guangzhou. *J. Integr. Agric.*, 12(8), 1350-1356.

Zhu, Z., Rodríguez, J. P., Torres, M., Fontecha, J. y Walteros, J. (2020). A participatory approach based on stochastic optimization for the spatial allocation of Sustainable Urban Drainage Systems for rainwater harvesting. *Environmental Modelling & Software*, 123, 104532.

Zhuang, Y. (2014). A System Dynamics Approach to Integrated Water and Energy Resources Management, University of South Florida.

Zimmer, A. y Koch, N. (2017). Fuel consumption dynamics in Europe: Tax reform implications for air pollution and carbon emissions. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 106, 22-50.

Zou, Z., Yang, Y. y Qiu, G. Y. (2019). Quantifying the evapotranspiration rate and its cooling effects of urban hedges based on three-temperature model and infrared remote sensing. *Remote Sens.*, 11(2), 1-18.

Sobre los autores

Ricardo Smith Quintero

Es ingeniero civil de la Universidad Nacional de Colombia, Master of Science y Ph. D. de Colorado State University. Fue profesor e investigador del Centro Interamericano de Desarrollo Integral de Aguas y Tierras (CIDIAT) en Mérida, Venezuela, entre 1982 y 1986. Entre los años 1987 y 2010 se desempeñó como profesor titular y emérito de la Universidad Nacional de Colombia, donde también fue decano de la Facultad de Minas, director de varios posgrados, director de la Escuela de Geociencias y Medio Ambiente, director del Doctorado en Ingeniería, director de varias revistas académicas, entre otros. Ha publicado numerosos artículos, libros y monografías en revistas nacionales e internacionales. Además, ha sido director del Área Metropolitana del Valle de Aburrá (2005-2007) y secretario de Transportes y Tránsito de Medellín (2008-2011). En el 2007 fue presidente de la Asociación de Áreas Metropolitanas de Colombia. Desde el 2011 ha sido asesor y consultor independiente en diversas áreas de la ingeniería civil, especialmente en las áreas de transporte, movilidad y recursos hidráulicos.

Ángela Cadena Monroy

Es asesora en temas energéticos y mineros. En los últimos dos años ha sido coordinadora de la Misión de Transformación Energética. Tiene más de treinta años de experiencia académica y profesional. Fue profesora e investigadora asociada de la Universidad de los Andes, donde trabajó en el diseño de política energética, el análisis de la regulación energética y el modelaje de aspectos en energía, economía y medio ambiente. En dos oportunidades ha sido directora general de la Unidad de Planeación Minero-Energética, entidad encargada de proponer planes y realizar análisis energéticos y mineros con consideraciones económicas, sociales y ambientales, para apoyar la toma de decisiones del sector público y privado. Es doctora en Ciencias Económicas y Sociales (mención Gestión de Empresas) de la Universidad de Ginebra (Suiza) y magíster en Ingeniería Eléctrica e Ingeniera Eléctrica de la Universidad de los Andes (Colombia). Ha publicado diversos artículos en revistas especializadas, capítulo de libros y reportes técnicos.

Mónica Espinosa Valderrama

Es ingeniera ambiental, Ph. D. en Ingeniería. Las áreas de investigación en las que trabaja están relacionadas con análisis de escenarios para mitigar emisiones de gases efecto invernadero y mejorar la calidad del aire, así como con el análisis de externalidades ambientales del transporte y la eficiencia de diferentes tipos de instrumentos para reducirlas. Ha participado en múltiples proyectos de investigación para el diseño de políticas de mitigación de emisiones de cambio climático y reducción de la contaminación local.

Nicanor Quijano

Es IEEE Senior Member e ingeniero electrónico de la Pontificia Universidad Javeriana (Colombia). Recibió los títulos de M. S. y Ph. D. en Electrical and Computer Engineering de The Ohio State University. En el 2007 se vinculó al Departamento de Ingeniería Eléctrica y Electrónica de la Universidad de los Andes (Colombia) como profesor asistente. Actualmente es profesor titular, director del grupo de investigación en automatización y producción (GIAP) y editor asociado de la *IEEE Transactions on Control Systems Technology*, del *Journal of Modern Power Systems and Clean Energy* y de *Energy Systems*. Por otro lado, ha sido miembro del Board of Governors de la IEEE Control Systems Society (css) en el periodo 2014. A su vez, fue *chair* de la IEEE CSS Colombia durante el periodo 2011-2013. Ha publicado diversos artículos en revistas indexadas, dictado conferencias internacionales y escrito capítulos de libros. Ha sido parte del comité de programa de conferencias internacionales y organizador de eventos locales. En la actualidad, sus intereses en investigación abarcan los métodos de optimización distribuida y las técnicas jerárquicas bioinspiradas, los problemas en asignación dinámica de recursos y las técnicas inspiradas en la teoría de juegos, todos ellos aplicados a problemas en energía, agua, agricultura y movilidad.

Clemencia Escallón / José A. Guevara / Luis A. Guzmán / Guillermo Jiménez /
 Juana Mariño / Angélica Ospina / Daniel Oviedo / Juan P. Rodríguez / Manuel Rodríguez /
 Hernando Vargas / Natalia Bernal / Charly Cepeda / Jhon Escorcia / Álvaro A. Garay /
 Mónica Giraldo / Sara Jiménez / Luis G. Marín / Natalia Montoya / Eliana Ortiz /
 Lorena Pupo / María Rincón / Felipe Rivera / Flavio Suárez / Óscar Torres /
 Luis Ignacio Betancur / Sussane Charlesworth / Julio Dávila / Darío Hidalgo /
 Dimitri Zaninovich

Colaboradores

Germán Andrade / Sarah Arboleda / Tatiana Carreño / Gerardo Chávez / Carlos Giraldo /
 Juan Camilo González / Juan David Lizcano / Camilo Luengas / Carolina Montes /
 Alejandra Ovalle / Santiago Uribe / Amarilo / Conjunto Ciudad Verde / Corporación Responde
 Fideicomiso Lagos de Torca / Prodesa / Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible /
 Departamento Nacional de Planeación / Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación



Este libro se imprimió en Bogotá, D. C.,
Colombia, en abril del 2022.

Ciudades sostenibles propone una metodología y una caja de herramientas para apoyar el desarrollo urbano sostenible. Por medio de dos casos de estudio —el macroproyecto urbano Ciudad Verde, en el municipio de Soacha, y Lagos de Torca, desarrollo urbano en etapa de construcción en Bogotá— realiza una aproximación sectorial que considera los ecosistemas urbanos, el manejo integrado del agua, el uso de la energía, la gestión de residuos, la movilidad sostenible y las edificaciones e infraestructuras. El enfoque planteado revisa la estructura ecológica y el manejo integrado del agua como ejes articuladores, y busca la conservación y gestión sostenible de los recursos, además de mejoras en la calidad de vida de los habitantes y la inclusión social y de género. Esta obra propone recomendaciones para la planeación de proyectos urbanos y busca soluciones e innovaciones que contribuyan a un desarrollo sostenible en Colombia. Este libro se basa en la investigación *Systemic perspectives on low-carbon cities in Colombia: An integrated urban modeling approach for policy and regulatory analysis* (2020), que realizó la Universidad de los Andes con la participación del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible. Este proyecto contó con el apoyo de un comité de expertos y un comité institucional y se llevó a cabo en el marco del financiamiento UK-PACT Colombia.



Facultad de
Ingeniería

Facultad de
Arquitectura y Diseño

