

Perspectivas Asesoras de las Ciudades Futuras 2025

IA y Ciudades



ONU-Habitat
Consejo Asesor de Ciudades Futuras de China
Informe Anual de 2025



Perspectivas Asesoras de las Ciudades Futuras 2025

IA y Ciudades



ONU-HABITAT



ONU-HABITAT

Perspectivas Asesoras de las Ciudades Futuras 2025: IA y Ciudades

Todos los derechos reservados © Programa de las Naciones Unidas para los Asentamientos Humanos (ONU-Hábitat), 2025

Oficina de ONU-Hábitat China
6-1-83, Residencia Diplomática Jianguomenwai
Calle Xiushui, Número 1, Distrito Chaoyang
Beijing, China

Descargo de responsabilidad

La mención de denominaciones específicas y la presentación de materiales en este informe no constituyen, por parte de la Secretaría de la ONU, la opinión alguna respecto a la condición jurídica de ningún país, territorio, ciudad o región, ni de sus autoridades; así como tampoco sobre la delimitación de sus fronteras, la naturaleza de su sistema económico o su nivel de desarrollo. Los análisis, las conclusiones y las recomendaciones de esta publicación no reflejan necesariamente las opiniones del Programa de la ONU-Hábitat ni de la ONU ni de sus estados miembros.



Perspectivas Asesoras de las Ciudades Futuras 2025: IA y Ciudades

Coordinador: Sheng Ying

Autor principal: Jian Wang

Autores: Jie Fang, Guirong Xue, Dazhi Shi, Kan Wu

Colaboradores: Xueye Chen, Fangfang Zhang, Qinghe Zhang, Jun Yuan, Yongfei Jin, Yulan Dong, Wei Zhou, Yi Sun, Dong Zhang, Weichao Zhou, Yang Liu, Yaofeng Hu, Ming Zhang, Junping Lou, Huan Huang, Yunming Geng, Feng Yuan, Tianye Wang, Meng Pi, Yanhui Zhang, Xu Zhou, Zhong Ruan, Bin Ye, Yijin Lin, Cheng Pang, Guangtao Yu, Yao Yao, Jiong Tan

Entidades y organizaciones colaboradoras de casos: Shanghai Haina Academy of Engineering, Hangzhou City University, Hangzhou Yunqi Academy of Engineering, Buró de los Datos de Barrio Putuo de Shanghai, Comité Administrativo de Comunidad Yunqi de Hangzhou, Buró de Gestión de Recursos de Datos de Hangzhou, Buró Municipal de Administración Integral y Ejecución de Leyes de Hangzhou, Hangzhou Municipal Bureau of Culture, Radio, TV and Tourism, Comisión de Desarrollo y Reforma de Hangzhou, Centro de Gestión de Datos de Planificación y Recursos Naturales de Shenzhen, Buró de Tráfico de la Policía Municipal de Chengdu, Instituto de Investigación de Planificación y Diseño de Guangzhou, Wuhan Planning & Design Institute (Wuhan Institute of Transport Development Strategy), China Mobile Communications Group Co., Ltd., Beijing BOE Sensor Technology Co., Ltd., Beijing Chaoyang Environment Group Co., Ltd., Sucursal de Taizhou de Banco Popular de China, Beijing Dadao Zhijian Technology Co., Ltd, INSPRO SCIENCE LIMITED (INSPRO).

Diseño de portada: Xinyi Zhang

Maquetación: Xiao Xiao, Mercedes García Martearena, Sofía Deneke

Comité Asesor de Ciudades Futuras de ONU-Hábitat China

Presidente: Shi Wang

Vicepresidente: Shengdong Pang

Asesores del programa: Bruno Dercon, Zhenshan Zhang

Coordinador del programa: Sheng Ying



Prólogo



Jian Wang
Académico de Chinese Academy of Engineering
Director de Laboratorio Zhijiang
Fundador de Alibaba Cloud

La ciudad es el invento más grandioso del ser humano y un símbolo de la civilización humana. Hoy en día, el hombre se encuentra en una encrucijada importante, entre los desafíos de la urbanización y las transformaciones tecnológicas. Según la ONU, para 2050, la población urbana global aumentará en 2300 millones de personas, cifra equivalente a la población mundial total en 1950. Una urbanización tan rápida y de gran envergadura ejerce una presión inimaginable sobre aspectos urbanos como la vivienda, el transporte, el medio ambiente o la energía. Esto se debe en gran medida al uso excesivo y la baja eficiencia de recursos durante el proceso de urbanización. De este modo nos enfrentamos a desafíos sin precedentes. La urgencia del desarrollo sostenible de las ciudades a nivel global nos exige buscar modelos de desarrollo diferentes a los del pasado, lo que, al mismo tiempo, representa una oportunidad sin precedentes para cada ciudad.

Ante estos desafíos y oportunidades para el futuro de las ciudades, tuve el honor de lanzar, en 2016 y junto con casi veinte instituciones

y empresas, el plan no lucrativo “Cerebro Urbano”, concibiendo así por primera vez la idea del cerebro urbano. Estamos convencidos de que, en una era de transformación tecnológica impulsada por el Internet, la computación en la nube, los macrodatos y la IA, tenemos la oportunidad de reexplorar y redefinir la lógica del desarrollo y la operación de las ciudades. Podemos utilizar la “inteligencia urbana” para resolver los problemas del desarrollo urbano como el uso excesivo de recursos, para materializar una sociedad que ahorre recursos e impulsar un nuevo salto de la civilización humana. Esta es la intención original del Cerebro Urbano y también la base del informe *IA y Ciudades*.

Cabe recordar que durante las últimas décadas, tanto en China como en otras partes del mundo, el desarrollo urbano se ha logrado en gran medida a expensas de la expansión territorial y el consumo masivo de recursos naturales como la tierra, el agua y la energía. Sin embargo, en el futuro, las ciudades ya no podrán ni deberán continuar como antes con el modelo de “intercambio de recursos por



crecimiento". Los requisitos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), junto con los límites ecológicos y ambientales, nos obligan a lograr un desarrollo de alta calidad con recursos limitados en la sociedad económica. En este contexto de desarrollo, la estrategia para el desarrollo urbano reside en lograr un crecimiento de mayor calidad con un menor consumo de recursos, ofreciendo así un mejor entorno de vida para los residentes.

La base tecnológica para lograr este cambio de paradigma es el internet y la computación en la nube, mientras que la variable decisiva y determinante reside en los datos y la IA. Los datos se están convirtiendo en un "nuevo tipo de recurso" a la par de la tierra y otros recursos tradicionales. Son el recurso natural de la era digital y el factor crucial que motiva el ahorro de recursos de la ciudad. Con los datos como elemento central, la inteligencia urbana puede, a través de la capacidad de cálculo, transformar el "valor de los datos" en "valor de los recursos", mejorando enormemente la eficiencia en el uso de los recursos urbanos existentes, logrando un efecto equivalente al aumento de los recursos naturales, y ayudando a las ciudades a optimizar y ahorrar recursos en áreas como la energía, el transporte, el agua y los edificios, de una manera que las tecnologías de la información tradicionales difícilmente podrían imaginar. Permite que las ciudades evolucionen gradualmente de la "era de la electricidad" traída por la electrificación a la "era de la capacidad de cálculo" construida por la digitalización y la transformación inteligente.

Lo que comenzó como una idea sobre el cerebro urbano hace casi 10 años se ha conver-

tido en una práctica que ha superado con creces mi capacidad profesional individual. Sin embargo, la experiencia adquirida me ha permitido creer firmemente que la inteligencia urbana del futuro nos ayudará a alcanzar la visión del cerebro urbano: hacer funcionar una ciudad con solo una décima parte de los recursos que consume hoy. Podemos utilizar el 90% restante de los recursos para satisfacer el desarrollo y la innovación futuros, y para servir a más personas, sin necesidad de exigir más recursos a la tierra que habitamos. En el futuro, la digitalización y la transformación inteligente, representadas por la inteligencia urbana, multiplicarán la eficiencia en el uso de recursos como la energía, el agua, la electricidad y el terreno en las ciudades. Finalmente, alcanzaremos una civilización urbana centrada en las personas, sostenible y con un uso eficiente de los recursos. Esto no solo refleja el valor del cerebro urbano para el desarrollo de las ciudades, sino que también representa la convicción de una nueva generación de planificadores, diseñadores y constructores urbanos: con menos extracción de recursos, podemos crear una vida mejor.

Menos es más, para una vida mejor.

El primer día de octubre de 2025



Agradecimientos

Perspectivas Asesoras de las Ciudades Futuras 2025: IA y Ciudades es el quinto informe insignia del Comité Asesor de Ciudades Futuras de ONU-Hábitat China. La redacción del informe cuenta con el patrocinio de Vanke Foundation y Xinchao Media Group.

ONU-Hábitat agradece particularmente al Sr. Shi Wang, Presidente del Comité Asesor y de Vanke Foundation, y al Sr. Shengdong Pang, Vicepresidente del Comité y Co-Presidente del Directorio de Xinchao Media Group, por su sólido apoyo. Igualmente reconoce la valiosa cooperación del Sr. Li Zhang, Vicepresidente Senior de Xinchao Media Group.

La redacción del Informe es supervisada por el Sr. Bruno Dercon, Alto Funcionario de Asentamientos Humanos de la Oficina Regional para Asia y el Pacífico de ONU-Hábitat, y del Sr. Zhenshan Zhang, Asesor Senior de la Oficina de ONU-Hábitat China. También está bajo la implementación específica del Sr. Sheng Ying, Director de Oficina de ONU-Hábitat China. ONU-Hábitat agradece especialmente al experto autor principal de este informe, el Dr. Jian Wang (Académico de Chinese Academy of Engineering, Director del Laboratorio Zhijiang, Fundador de Alibaba Cloud y Promotor del Shanghai Haina Engineering Institute), así como a los miembros principales del equipo de redacción del informe por parte del equipo de voluntarios de Shanghai Haina Engineering Institute: la Sra. Jie Fang (Vicedecana Ejecutiva y Profesora del Instituto de Investigación del Cerebro Urbano de Hangzhou City University), el Sr. Guirong Xue (Voluntario y Científico Jefe del Shanghai Haina Engineering Institute), el Sr. Dazhi Shi (Experto Distinguido del Laboratorio Zhijiang y Director de la Oficina de Investigación Científica de Alibaba Cloud), y el Sr.

Kan Wu (Investigador Asociado Distinguido del Instituto de Investigación del Cerebro Urbano de Hangzhou City University).

Asimismo, ONU-Hábitat expresa sus agradecimientos a las siguientes instituciones por su firme apoyo a las investigaciones y conferencias del Comité: Shanghai Haina Academy of Engineering, Buró de los Datos de Barrio Putuo de Shanghai, Comité Administrativo de Comunidad Yunqi de Hangzhou, Comité Administrativo de Hangzhou Zijingang Science City, Hangzhou Yunqi Academy of Engineering, Instituto de Cerebro Urbano de Hangzhou City University y Hangzhou West Lake Yunchuang Industrial Service Co., Ltd. Agradece al Sr. Qingshan Xu, Vice-Secretario General del Gobierno Municipal de Hangzhou, Miembro del Grupo de Dirección del Comité del Partido de la Oficina General del Gobierno Municipal, Secretario del Grupo Dirigente del Partido y Director del Buró Municipal de Gestión de Recursos de Datos; al Sr. Qinghua Hong, Exsecretario del Grupo Dirigente del Partido de Hangzhou City University; a la Sra. Bin Han, Miembro del Comité Permanente del Buró de Barrio de Xihu Hangzhou del Partido Comunista de China; al Sr. Jun Zhang, Director del Buró de Datos de Barrio Putuo de Shanghai; al Sr. Jun Yuan, Secretario del Comité del Partido y Director del Comité de Gestión de Comunidad Yunqi de Hangzhou; al Sr. Weidong Luo, Exrector de la Universidad Zhejiang, Miembro del Comité Nacional de la Conferencia Consultiva Política del Pueblo Chino, Decano y Profesor del Instituto de Cerebro Urbano de Hangzhou y al Sr. Zhiqing Li, Vicesecretario del Comité del Partido y Profesor de la Facultad de Economía de la Universidad Fudan por su activa participación y valioso apoyo a la redacción del informe; a la Sra. Xinyi Zhang y al Sr. Dawang Sun, Tongji

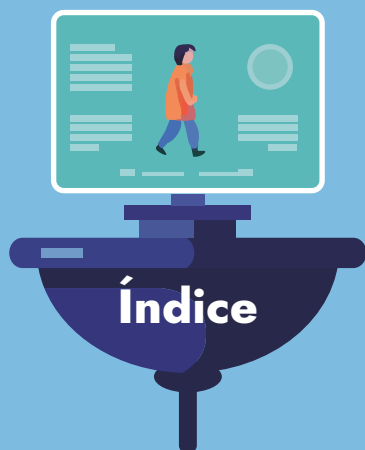


University College of Design and Innovation, por su apoyo firme al diseño de la portada.

Agradecemos de manera muy especial el valioso apoyo durante la convocatoria de casos a las siguientes instituciones: Shanghai Haina Academy of Engineering, Hangzhou City University, Hangzhou Yunqi Academy of Engineering, Buró de los Datos de Barrio Putuo de Shanghai, Comité Administrativo de Comunidad Yunqi de Hangzhou, Centro de Gestión de Datos de Planificación y Recursos Naturales de Shenzhen, Buró de Tráfico de la Policía Municipal de Chengdu, Instituto de Investigación de Planificación y Diseño de Guangzhou, Wuhan Planning & Design Institute (Wuhan Institute of Transport Development Strategy), China Mobile Communications Group Co., Ltd., Beijing BOE Sensor Technology Co., Ltd., Beijing Chaoyang Environment Group Co., Ltd., Sucursal de Taizhou de Banco Popular de China, Beijing Dadao Zhijian Technology Co., Ltd, INSPRO SCIENCE LIMITED (INSPRO) y la participación activa del Centro de Tránsito Ferroviario y Servicios Públicos del Buró Municipal de Ejecución Integral de Leyes de Hangzhou, Departamento de Innovación y Desarrollo de Alta Tecnología de la Comisión de Desarrollo y Reforma de Hangzhou, Centro de Desarrollo Cultural y Turístico de Hangzhou (Laboratorio de Economía Turística de Hangzhou), Beijing Qianjing Technology Co., Ltd, Tus-Digital Technology, Shanghai Chaosu Intelligent Technology Co., Ltd.

Cabe expresar los agradecimientos al Evento Central de World Cities Day 2025 y a iFeng.com por su decisivo respaldo a la publicación universal de las versiones en chino e inglés del informe.





Capítulo 1 La Transformación Urbana Global en la Era de la IA	2
1.1 Los ODS Globales Se Enfrentan a Desafíos Severos	3
1.1.1 El Progreso Retrasado y los Desafíos Intensificados	3
1.1.2 La Limitación Absoluta de los Recursos y la Ineficiencia Sistémica Urbana	4
1.1.3 El Papel Decisivo de las Ciudades en el Desarrollo Sostenible Global	10
1.2 Las Ciudades: De la Expansión de Recursos al Ahorro de Recursos	14
1.2.1 El Cambio en la Filosofía de Desarrollo	14
1.2.2 La Optimización de la Eficiencia del Uso de los Recursos Urbanos mediante Datos	15
1.2.3 La Transformación de la Vía de Desarrollo Urbano y la Nueva Civilización Urbana	17
1.3 El Cerebro Urbano y el Desarrollo Urbano Sostenible	18
1.3.1 De la Electrificación a la Digitalización	18
1.3.2 La Cuestión de Cerebro Urbano	19
1.3.3 La Inteligencia Urbana: un Cambio de Paradigma en el Desarrollo Urbano	22
Capítulo 2 El Cerebro Urbano: “Inteligencia Urbana” e “IA + Ciudad”	26
2.1 Los Desafíos del Desarrollo Urbano Sostenible en China	27
2.1.1 Los Cuellos de Botella de Recursos bajo la Urbanización Acelerada	27
2.1.2 La Transformación Urbana bajo las Restricciones de Recursos	29
2.1.3 La Evolución del Cerebro Urbano	30
2.2 La Exploración Pionera de la Inteligencia Urbana: la Ciudad sin Restricciones de Circulación	33
2.2.1 La Congestión del Tráfico: un Desafío Común para las Ciudades	33



2.2.2 Una Solución de Inteligencia Urbana para una Circulación sin Restricciones	33
2.3 La Arquitectura Técnica de la Inteligencia Urbana	35
2.3.1 La Triada de la Capacidad de Cálculo, los Datos y los Modelos	35
2.3.2 El Motor de la Inteligencia Urbana	40
2.3.3 El Mecanismo de Código Abierto de la Inteligencia Urbana	40
2.4 La Práctica Generalizada de “IA + Ciudad” en China	41
2.4.1 La Práctica Generalizada Integral a Escala Urbana	41
2.4.2 La Cobertura Más Profunda: de la Aplicación al Escenario, y del Escenario al Panorama Completo	42
2.4.3 Las implicaciones de la Práctica China del Cerebro Urbano	48
Capítulo 3 La Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Inteligencia Urbana	52
3.1 Construir Ciudades Ahorradoras de Recursos Basadas en la Inteligencia Urbana	53
3.2 Conocer a Fondo la Situación Real es Crucial	54
3.3 La Guía para la Construcción de la Inteligencia Urbana	58
3.3.1 Las Cuatro Etapas de la Construcción de Inteligencia Urbana	58
3.3.2 La Estructura y las Tecnologías Clave de la Inteligencia Urbana	60
3.3.3 La Guía de Acciones Clave	63
3.4 Las Perspectivas Futuras de la Inteligencia Urbana	67
Capítulo 4 Los Estudios de Casos	70
4.1 Los Casos Urbanos	71
4.1.1 Hangzhou: la Exploración del Desarrollo Urbano Sostenible Basado en el Concepto de “Cerebro Urbano”	71
4.1.2 Shanghai: la Transformación de la Gobernanza de Megaciudades de la Digitalización a la Inteligencia	73



4.1.3 Shenzhen: la Distribución Inteligente de Recursos Educativos Urbanos	76
4.1.4 Guangzhou: la Gobernanza Urbana de Precisión Potenciada por IA	77
4.1.5 Chengdu: la Gobernanza Inteligente del Tráfico en el Entorno Hospitalario	79
4.1.6 Wuhan: la Solución Inteligente para la Planificación Urbana	81
4.2 Los Casos de Escenarios	82
4.2.1 La Integración Eficiente de Recursos de Infraestructura Pública Urbana	82
4.2.2 La Gestión Inteligente de Residuos Sólidos Urbanos	84
4.2.3 El Acceso Directo e Inteligente a Recursos Financieros Verdes Inclusivos	86
4.2.4 El Reciclaje y la Regeneración de Recursos de Biomasa Urbana	87
4.2.5 "5G + IA" Potenciando Eventos Deportivos Urbanos y Gobernanza del Tráfico	89
4.2.6 La Integración y la Optimización de Recursos de Innovación en una Ciudad Característica	90
Capítulo 5 Las Conclusiones e Iniciativas	93
5.1 La IA Impulsa el Desarrollo Urbano Sostenible	94
5.2 Las Recomendaciones de Acción Conjunta para los Constructores de Ciudades	95
5.3 La Iniciativa de Colaboración Global "IA + Ciudad"	97
Referencias bibliográficas	101



Figuras y Tablas

Figura 1–1: Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU	3
Figura 1–2: Evaluación del progreso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU	3
Figura 1–3: Situación de la escasez de agua por países (y principales ciudades) en el mundo ^[19]	6
Figura 1–4: El marco de los “límites planetarios” indica que en 2025 ya se han sobrepasado 7 sistemas ^[21]	7
Figura 1–5: Comparación del consumo diario de agua por hogar entre el Reino Unido y Etiopía	8
Figura 1–6: Tasa de fugas en los sistemas de suministro de agua: la reducción de fugas es una medida clave ^[28]	9
Figura 1–7: Tendencia de la urbanización mundial ^[33]	11
Figura 1–8: Infraestructura y fuentes de energía en las eras de la potencia animal, la electricidad y la capacidad de cálculo	12
Figura 1–9: Mapa de distribución de la iluminación nocturna en la aglomeración urbana del delta del río Yangtsé en China y la ciudad de Bogotá en Colombia	12
Figura 1–10: Las ciudades como escenario clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible globales	13
Figura 1–11: Los 20 mayores logros de ingeniería del siglo XX seleccionados por la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos	19
Figura 1–12: En 2020, el volumen máximo de vehículos en circulación en dos ciudades representativas de China representó solo el 10% del parque automotor real	21
Figura 1–13: La optimización inteligente del control de semáforos urbanos puede mitigar significativamente la congestión y reducir las emisiones de carbono del tráfico	23
Figura 2–1: Evolución de la población urbana y rural en China	27
Figura 2–2: Comparación del uso de energía per cápita entre China, Canadá, Estados Unidos y otros países	27
Figura 2–3: Tiempo medio de demora en parada en intersecciones semaforizadas durante las horas punta de la mañana y la tarde en las principales ciudades del país en 2024	28
Figura 2–4: Extracto del artículo <i>Construir una Sociedad Ahorradora de Recursos Es una Revolución Social</i>	30
Figura 2–5: Trayectoria de la evolución de las políticas de China hacia una transición urbana ahorradora de recursos	31
Figura 2–6: Extracto de la intervención en el Simposio sobre el Impulso a la Transformación Digital Urbana	32
Figura 2–7: Escenario de “Tráfico sin restricciones de circulación” del Cerebro Urbano de Nanchang	35
Figura 2–8: Esquema de la inteligencia urbana, el Cerebro Urbano y la construcción de una ciudad ahorradora de recursos	36
Figura 2–9: Observación de la morfología arquitectónica y la distribución espacial de Beijing y Shanghai mediante la combinación de datos de teledetección satelital y modelos de IA	37
Figura 2–10: Observación de la morfología arquitectónica y la distribución espacial en múltiples ciudades del mundo mediante la combinación de datos de teledetección satelital y modelos de IA	38
Figura 2–11: La arquitectura de “capacidad general + ajuste preciso por escenarios” de la IA como soporte para la inteligencia urbana	39
Figura 2–12: Del escenario al panorama completo: la práctica gradual de la inteligencia urbana en China	42
Figura 2–13: Vehículos registrados y estacionados en Hangzhou	43
Figura 2–14: Escenario “Un solo aparcamiento para toda la ciudad” del Cerebro Urbano de Hangzhou	44



Figura 2–15: Escenario “Qinqing en Línea” del Cerebro Urbano de Hangzhou	45
Figura 2–16: Escenario “Disfrute una hora más de ocio” del Cerebro Urbano de Hangzhou	46
Figura 2–17: Arquitectura del sistema “Un solo cerebro para gobernar el campus, empoderamiento coordinado en ambos extremos” del Cerebro de Campus	47
Figura 2–18: Posicionamiento y expresión concretos de los escenarios de construcción centrados en las personas del Cerebro Urbano de Hangzhou	49
Figura 2–19: El escenario “Check-in en 30 segundos” del Cerebro Urbano de Hangzhou tiene como objetivo ahorrar tiempo a los turistas	50
Figura 3–1: El Grupo de Observación de la Tierra (GEO) propone la “Inteligencia Terrestre”	53
Figura 3–2: La combinación de datos de teledetección satelital y modelos de IA proporciona una solución de bajo coste para la observación urbana: el ejemplo del recuento de vehículos en circulación en el tráfico urbano	56
Figura 3–3: Determinación de la situación real basada en datos de teledetección satelital y modelos de percepción física: el ejemplo del monitoreo de la cantidad de vehículos en circulación en ciudades representativas a nivel mundial	57
Figura 3–4: Fases de la construcción de la inteligencia urbana y acciones clave	60
Figura 3–5: Mapa tecnológico panorámico de “IA + Ciudad”	61
Figura 3–6: Reglamento local <i>Reglamento de Promoción de la Gobernanza Urbana mediante el Cerebro Urbano de Hangzhou</i>	66
Figura 3–7: La era digital ofrece la posibilidad de alcanzar la neutralidad de carbono mediante la inteligencia urbana de forma ahorradora de recursos y eficiente	67
Figura 4–1: Ejemplo de la vista panorámica urbana mostrada en el panel de control digital del Cerebro Urbano de Hangzhou 1.0	71
Figura 4–2: Evaluación de microanálisis de la distribución de la planificación de instalaciones educativas de Shenzhen	77
Figura 4–3: Plataforma de gestión y control de despacho inteligente de drones “Ojo de Águila de Guangzhou”	78
Figura 4–4: Situación del tráfico antes y después de la implementación de la gestión de la congestión en el Hospital Huaxi de Chengdu	80
Figura 4–5: Modelo exclusivo para la planificación territorial y espacial de Wuhan (Dapu)	81
Figura 4–6: Página de retroalimentación de parámetros técnicos del sistema de percepción inteligente urbana de BOE	83
Figura 4–7: Sistema de monitoreo en pantalla grande de incineración inteligente con IA de Chaoyang Environment	85
Figura 4–8: Pantalla digital “Acceso Verde para las Micro y Pequeñas Empresas” del Banco Popular de China (sucursal de Taizhou)	87
Figura 4–9: Sistema de gemelo digital para el servicio de tratamiento y aprovechamiento de residuos orgánicos sólidos en el Parque Ecológico de Yantian, Shenzhen	88
Figura 5–1: Iniciativa y acción global de “IA + Ciudad”	97
Tabla 1–1: Las 10 principales ciudades de Estados Unidos por retrasos en desplazamientos urbanos y pérdidas económicas en 2023	10
Tabla 2–1: Comparación entre el código abierto en la Era del Software y en la Era de la IA	41
Tabla 3–1: Tabla de progresión de la construcción de la inteligencia urbana	64



Principales hallazgos e informaciones

El Comité Asesor de Ciudades Futuras de ONU-Hábitat China, iniciado de ONU-Hábitat en 2019, reúne a empresas tecnológicas, gobiernos municipales, instituciones de investigación y organizaciones sociales con el compromiso de potenciar el desarrollo urbano sostenible mediante la tecnología avanzada y lograr un futuro urbano mejor centrado en las personas.

Perspectivas Asesoras para las Ciudades Futuras 2025: IA y Ciudades es el quinto informe insignia anual del Comité Asesor de Ciudades Futuras de ONU-Hábitat China. El Capítulo 1 de este informe expone los severos desafíos que enfrentan las ciudades bajo los Objetivos de Desarrollo Sostenible, y cómo la inteligencia urbana, basada en el “Cerebro Urbano (CityBrain)”, se está convirtiendo en un importante motor del cambio de paradigma en el desarrollo urbano. El Capítulo 2 sistematiza cómo las ciudades chinas, a través de la amplia práctica de la inteligencia urbana, buscan soluciones innovadoras para un desarrollo sostenible de alta calidad de forma ahorradora y eficiente en recursos. El Capítulo 3 propone una hoja de ruta y directrices concretas para el desarrollo de la inteligencia urbana, desde el concepto hasta la acción, definiendo las etapas de evolución sistémica: la remodelación de valores, la consolidación de la base de datos, el impulso mediante escenarios y el surgimiento de la inteligencia. El Capítulo 4, a través de detallados casos urbanos y de escenarios, ofrece muestras chinas referenciales para “IA + Ciudad”. El Capítulo 5 resume las principales experiencias de la inteligencia urbana china en la promoción del desarrollo urbano sostenible, y propone recomendaciones de acción conjunta para los constructores de ciudades y la iniciativa de colaboración global “IA + Ciudad”.

Capítulo 1 La transformación urbana global en la era de la IA

En un período crítico para alcanzar el desarrollo sostenible global, las ciudades se están convirtiendo en el escenario donde se concentra la mayor presión. Por un lado, el progreso general de los Objetivos de Desarrollo Sostenible globales está rezagado y las limitaciones de recursos y medioambientales se aceleran; por otro lado, la revolución tecnológica trae consigo oportunidades de innovación en la gobernanza sin precedentes. Este capítulo, en torno a las tres dimensiones del progreso global, los cambios en la estructura de recursos y el impulso tecnológico, sistematiza los desafíos y la lógica de transformación que enfrenta el desarrollo urbano.

1. Los Objetivos de Desarrollo Sostenible Globales Se Enfrentan a Desafíos Severos

Según los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la *Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* aprobada por la ONU en 2015, en 2025, de las 139 metas específicas evaluables, solo el 35% mostraba un progreso suficiente o moderado, mientras que el 18% había incluso retrocedido. Las ciudades se encuentran en el punto focal de la presión global: ocupan menos del 3% del suelo, consumen entre el 60% y el 80% de la energía y generan alrededor del 75% de las emisiones de carbono; la carga urbana no deja de aumentar, mientras que la eficiencia operativa sigue siendo baja.

(1) El progreso rezagado y la agudización de los desafíos: La intensificación de los fenómenos climáticos extremos, la degradación de los ecosistemas y el aumento de la presión sobre

las infraestructuras provocan el estancamiento o retroceso de las ciudades en múltiples indicadores clave de los ODS.

(2) La limitación absoluta de los recursos e ineficiencia sistémica urbana: los factores como el suelo, la energía y el agua presentan la doble característica de “recursos absolutamente limitados e ineficiencia sistémica urbana”, lo que agudiza las contradicciones internas del desarrollo urbano.

(3) Las ciudades desempeñan un papel decisivo en el desarrollo sostenible global: El modelo de funcionamiento de las ciudades determina casi por completo el proceso global de la transición energética y la reducción de emisiones, constituyendo un nodo clave e insustituible para impulsar el desarrollo sostenible.

2. Las Ciudades: De la Expansión de Recursos al Ahorro de Recursos

A medida que los recursos para el desarrollo urbano son cada vez más limitados, el modo de desarrollo urbano está experimentando un cambio profundo, pasando de una vía que dependía de la expansión masiva del terreno, la energía y las infraestructuras a un modelo que pone mayor énfasis en la mejora de la eficiencia, la sinergia de los factores y la sostenibilidad. Las ciudades están viviendo una remodelación integral de su concepto de desarrollo, su modo de utilización de los recursos y su estilo de vivir. Esta transformación se manifiesta en múltiples aspectos:

(1) El cambio en el concepto de desarrollo: Con la transición de las ciudades desde la “era de la electricidad”, centrada en la electrificación, hacia la “era de la capacidad de cálculo”, representada por la IA, el concepto de desarrollo pasa de sustentar el crecimiento mediante el aumento del consumo de recursos a impulsar el desarrollo sostenible urbano mediante la utilización eficiente de los recursos basada en datos.

(2) Los recursos de datos optimizan la eficiencia en el uso de los recursos urbanos: El núcleo de las ciudades eficientes en recursos reside en transformar los datos en recursos estratégicos computables y fluidos mediante la “digitalización (Bit)” y la “tokenización (Token)”, eliminando así con precisión los eslabones de ineficiencia sistémica e impulsando la gobernanza urbana desde el juicio basado en la experiencia hacia una optimización precisa de los recursos basada en datos.

(3) Transformación de la vía de desarrollo urbano y nueva civilización urbana: Tomando los tres grandes avances en la gobernanza, los servicios y el modelo de desarrollo urbano basados en datos como la palanca, la ciudad logra una optimización sistémica de la eficiencia de los recursos, alcanza un desarrollo sostenible de alta calidad y avanza hacia una nueva civilización urbana tangible.

3. El Cerebro Urbano y el Desarrollo Urbano Sostenible

“IA + Ciudad” brinda a la IA la oportunidad de pasar de ser un cambio estructural en la propia tecnología a convertirse en un mecanismo impulsor de la transformación fundamental de la lógica del desarrollo urbano. La práctica del Cerebro Urbano proporciona una base práctica muy sólida para lograr esta transformación y tiene un importante significado para la modernización del sistema y la capacidad de gobernanza urbana. La inteligencia urbana es el soporte técnico del Cerebro Urbano y una de las vías de implementación importantes de la IA en la aplicación urbana. A través de los sistemas de modelos, la capacidad de cálculo y los datos, permite a la ciudad tener una comprensión holística de su estado operativo, dotándola de capacidades de predicción, proyección y programación dinámica, logrando una mayor eficiencia operativa con un menor consumo de recursos. Este enorme salto en la capacidad está acelerando la formación de una nueva modalidad de desarrollo urbano:



(1) De la electrificación a la digitalización: La digitalización de hoy es como la electrificación de hace cien años; “IA + Ciudad” se sitúa en las coordenadas históricas de un gran cambio tecnológico sin precedentes en un siglo. Para las ciudades, se trata de una transformación estructural comparable a la electrificación del siglo XX.

(2) La cuestión del Cerebro Urbano: El “Cerebro Urbano”, como nuevo paradigma de desarrollo urbano, se fundamenta en responder a la pregunta fundamental: “¿Es posible apoyar el desarrollo sostenible de la ciudad con el 10% de los recursos urbanos existentes?”, y establece los conceptos nucleares de orientación a las personas, la visión holística, la alta eficiencia en el uso de recursos y el desarrollo sostenible.

(3) La inteligencia urbana impulsa directamente un cambio de paradigma en el desarrollo urbano: La práctica de la “inteligencia urbana”, basada en el Cerebro Urbano, impulsa un cambio sistémico de paradigma en el desarrollo urbano: el motor pasa de depender simplemente de los recursos físicos a aprovechar los datos y la capacidad de cálculo; el modo de gobernanza pasa de la fragmentación sectorial a la sinergia holística; y el objetivo de valor pasa de la expansión en escala a la optimización de los recursos y el bienestar humano.

Capítulo 2 El Cerebro Urbano: “Inteligencia Urbana” e “IA + Ciudad”

En su rápido proceso de urbanización, China se enfrenta más directamente al doble desafío de las restricciones de recursos y la ineficiencia sistémica, por lo que explorar un nuevo paradigma de desarrollo urbano se ha convertido en la clave para romper el estancamiento. En 2016, Hangzhou inició pioneramente una exploración práctica del paradigma de desarrollo con el concepto de “Cerebro Urbano”; en 2020, Nanchang logró con éxito el avance en gobernanza de la “ciudad sin restricciones de circu-

lación”, una prueba válida de que el valor de los datos se traduce en valor de los recursos, es decir, lograr un salto sistémico en la eficiencia operativa urbana sin añadir nuevos recursos físicos, evidenciando los primeros frutos de la inteligencia urbana. Desde entonces, la inteligencia urbana ha conocido una amplia práctica en China. Este capítulo explica sistemáticamente los cuellos de botella de recursos que enfrentan las ciudades chinas, la arquitectura técnica de la inteligencia urbana y su vía de implementación, revelando que el Cerebro Urbano no es solo una actualización tecnológica, sino una profunda transformación del modelo de gobernanza urbana.

1. Los Desafíos del Desarrollo Urbano Sostenible en China

(1) Los cuellos de botella de recursos ante la aceleración de la urbanización: La población urbana crece rápidamente, y el consumo de recursos per cápita de las ciudades de los países desarrollados no es realizable ni debería ser el objetivo en China, mientras que la ineficiencia sistémica de los recursos urbanos multiplica la presión sobre los mismos.

(2) La transformación urbana bajo restricciones de recursos: Bajo la guía estratégica de que “construir una sociedad ahorradora de recursos es una revolución social”, el concepto de desarrollo pasa de la “expansión de nuevos recursos” al “ahorro de recursos existentes”, y a nivel nacional se incorpora la construcción de una “sociedad ahorradora de recursos y respetuosa con el medio ambiente” en el diseño de alto nivel de la planificación.

(3) La evolución del Cerebro Urbano: El “Cerebro Urbano” considera la ciudad como un todo orgánico, impulsando un enorme ahorro de recursos naturales mediante el uso eficiente de los recursos de datos. Campos como el medio ambiente ecológico y la gestión energética aplican tecnologías de inteligencia urbana para lograr un monitoreo y una asignación precisos,



ofreciendo una nueva vía para la transformación urbana.

2. La Exploración Pionera de la Inteligencia Urbana: la Ciudad sin Restricciones de Circulación

(1) La congestión del tráfico es un desafío común para las ciudades globales: El crecimiento explosivo del parque automotor privado y la expansión de las carreteras en China, junto con problemas estructurales generalizados como la alta tasa de vehículos vacíos y el desequilibrio entre lugar de residencia y trabajo, llevaron a las ciudades a responder generalmente con medidas de control de la cantidad total, como la restricción de circulación por número de matrícula y la limitación en la emisión de licencias de vehículos (las llamadas “restricciones de circulación y licencias”).

(2) La solución de inteligencia urbana para la circulación sin restricciones: En Hangzhou se exploró esta solución inteligente basada en el Cerebro Urbano para resolver el problema fundamental de la desconexión entre datos y acción, y así gobernar la congestión; la práctica del Cerebro Urbano de Nanchang logró un gran avance en la gobernanza del tráfico: en 2020, abolió la política de restricción por número de matrícula que había estado en vigor durante 11 años, reduciendo el índice de congestión y aumentando la velocidad del tráfico.

3. La Arquitectura Técnica de la Inteligencia Urbana

(1) La triada de la capacidad de cálculo, los datos y los modelos: La realización de la inteligencia urbana depende de una arquitectura técnica sistémica cuyo núcleo es la fusión de la capacidad de cálculo, los datos y los modelos como una “triada”. Los datos son el recurso central, los modelos son el motor inteligente y la capacidad de cálculo es la garantía fundamental.

(2) El motor de inteligencia urbana: Es el soporte

técnico más fundamental de la inteligencia urbana, y los modelos de IA son un importante medio para su implementación. El motor de inteligencia urbana desplegado para la gobernanza urbana fusiona modelos de percepción física urbana, modelos de percepción social, modelos dinámicos de la proyección y los modelos de conocimiento urbano en un modelo fundacional urbano, dotándolo de las capacidades de cognición y razonamiento generales transversales a múltiples escenarios.

(3) El mecanismo de código abierto de la inteligencia urbana: El código abierto ha evolucionado de abrir el código fuente a abrir los recursos de innovación. Abrir los datos, los modelos y la capacidad de cálculo equivale a abrir los recursos de innovación para el desarrollo urbano, lo que constituye un importante mecanismo innovador para el desarrollo colaborativo entre ciudades.

4. La Práctica Generalizada de “IA + Ciudad” en China

(1) Práctica a escala urbana integral: A través de la práctica en ciudades chinas, la inteligencia urbana ya ha demostrado su capacidad de gobernanza en múltiples ámbitos como el medio ambiente, la gobernanza y la sociedad. La inteligencia urbana es el resultado endógeno y la emergencia sistémica de “IA + Ciudad”.

(2) De las aplicaciones a los escenarios, de los escenarios a una cobertura panorámica más profunda: Partiendo de la aplicación tecnológica puntual, pasando por la superación de las barreras sectoriales mediante escenarios, para finalmente evolucionar hacia la inteligencia urbana. Prácticas de escenarios como la “Gestión Unificada en una Sola Red” de Shanghai, “Un solo aparcamiento para toda la ciudad” de Hangzhou, “Qinqing en Línea”, “Disfrute una hora más de ocio” y el “Cerebro de Campus” demuestran el enorme potencial de la optimización colaborativa integral de los recursos urbanos.



(3) Las inspiraciones de la práctica china del Cerebro Urbano: El Cerebro Urbano surge de una profunda renovación cognitiva sobre la esencia del ahorro de recursos, y el concepto de “la ciudad como un todo” no solo exige romper las barreras entre los distintos departamentos gubernamentales para que actúen como un todo colaborativo, sino que también implica que todos los elementos urbanos —gobierno, empresas, sociedad— deben constituir conjuntamente un todo. El foco de la gobernanza pasa de la “orientación tecnológica” a la “orientación al servicio”, centrándose en la experiencia humana; en última instancia, impulsa la reconstrucción del mecanismo de confianza social, formando un ciclo virtuoso de “confianza gubernamental – crédito ciudadano – civilización urbana”, y logrando la unificación del valor tecnológico y el valor social.

Capítulo 3 La Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Inteligencia Urbana

Construir ciudades ahorradoras de recursos requiere una transformación sistémica del paradigma urbano. Primero, se necesita una remodelación de valores, comprendiendo a fondo que la ciudad es un todo y que los datos son un recurso decisivo, y que el objetivo de la inteligencia urbana es garantizar una vida de alta calidad mediante la optimización del uso de los recursos e impulsar el desarrollo urbano sostenible. Segundo, hay que conocer a fondo la situación real, cuantificando con precisión el flujo de recursos y su eficiencia de utilización. Después, se verifica el valor mediante el impulso de escenarios, logrando el salto hacia la inteligencia urbana. Finalmente, se forma una civilización urbana basada en la confianza. La arquitectura de la inteligencia urbana no solo requiere el soporte de la trinidad de datos, modelos y capacidad de cálculo, sino que exige, además, un sistema de seguridad y garantías jurídicas que aseguren el desarrollo sostenible. Su valor último puede verificarse con la pregunta del Cerebro Urbano: ¿es posible

apoyar el desarrollo sostenible y de alta calidad de la ciudad con el 10% de los recursos urbanos existentes, logrando la unidad orgánica entre el progreso tecnológico y el valor social?

1. Construir Ciudades Ahorradoras de Recursos Basadas en la Inteligencia Urbana

La inteligencia urbana no es solo una actualización tecnológica, sino una transformación estratégica del paradigma de desarrollo urbano. Existen tres formas evolutivas: la aplicación básica, como la forma elemental, resuelve problemas técnicos específicos; el escenario, como la forma avanzada, resuelve problemas concretos de gobernanza urbana integrando datos de múltiples fuentes; y la inteligencia urbana, como la forma superior, logra una gobernanza colaborativa integral y transversal que abarca múltiples ámbitos, departamentos y niveles.

2. Conocer a fondo la Situación Real es Crucial

Conocer a fondo la situación real debe desplegarse en tres niveles: el primero, el estado real de los recursos, como la “cantidad de vehículos en circulación” en el tráfico, la tasa de fugas en la red de tuberías de agua y la tasa de rotación de las plazas de aparcamiento; el segundo, el estado real del funcionamiento global de la ciudad, captando en tiempo real los “signos vitales” urbanos; y el tercero, el estado real de los datos operativos y su calidad, convirtiendo el trabajo cotidiano en recursos de datos de alta calidad.

3. La Guía para la Construcción de la Inteligencia Urbana

Las cuatro etapas de la construcción de la inteligencia urbana: La evolución exitosa de la inteligencia urbana sigue las cuatro etapas: “remodelación → fundamentación de la base de datos → verificación con escenarios → construcción de civilización”.



(2) La arquitectura de la inteligencia urbana y las tecnologías clave: La arquitectura integral que va desde las “instalaciones de capacidad de cálculo – red de datos – motor inteligente” hasta los “escenarios” sienta las bases clave para que la inteligencia urbana transite de la capacidad técnica a la capacidad de gobernanza.

(3) La guía de acciones clave: Acción 1: Establecer un plan general y un marco de acción por fases; Acción 2: Tomar la construcción de infraestructuras inteligentes como punto de apoyo clave; Acción 3: Impulsar el perfeccionamiento de las infraestructuras inteligentes y del sistema de gobernanza mediante escenarios concretos; Acción 4: Construir un sistema de seguridad para la inteligencia urbana y de garantías jurídicas.

4. Las Perspectivas Futuras de la Inteligencia Urbana

La inteligencia urbana impulsará una revolución del paradigma de desarrollo urbano centrada en la mejora de la eficiencia de los recursos, contribuirá a que el mundo afronte el desafío de la neutralidad de carbono e impulsará la formación de un nuevo paradigma de civilización. La señal de éxito de una ciudad del futuro dotada de un alto grado de inteligencia urbana no será solo la prosperidad económica, sino la maximización del bienestar de la población, la calidad ambiental y la resiliencia urbana bajo la premisa de minimizar el consumo de recursos por unidad, señalando el paso de una civilización urbana industrial que perseguía la “expansión en escala” hacia una civilización urbana digital basada en el ahorro de recursos, medida por el bienestar y compartida por todos.

Capítulo 4 Los Estudios de Casos

Este capítulo, a través de seis casos urbanos y seis casos de escenarios, muestra de forma integral las diversas prácticas y los resultados de “IA + Ciudad”, desde las aplicaciones básicas

hasta los escenarios y la inteligencia urbana. Los casos urbanos incluyen tanto la exploración sistémica de la gobernanza inteligente integral de megaciudades, como prácticas innovadoras en ámbitos específicos como la educación, la gobernanza de precisión, el tráfico y la planificación. Los casos de escenarios, que abarcan desde la infraestructura pública, los residuos domésticos, las finanzas verdes, los recursos de biomasa, el tráfico en eventos y los municipios característicos, cubren múltiples dimensiones de la operación urbana. Ofrecen soluciones chinas referenciales para las ciudades del mundo.

Los casos urbanos concretos incluyen Hangzhou, que explora el desarrollo urbano sostenible basado en el concepto de “Cerebro Urbano”; Shanghai, con su transformación de la gobernanza de la megaciudad de la digitalización a la inteligencia; Shenzhen, con la distribución inteligente de recursos educativos urbanos; Guangzhou, con la gobernanza urbana de precisión potenciada por IA; Chengdu, con la gobernanza inteligente del tráfico en el entorno hospitalario; y Wuhan, que ha formado una solución inteligente de planificación urbana. Los casos de escenarios incluyen la integración eficiente de recursos de infraestructura pública urbana; la gestión inteligente de residuos sólidos urbanos; el acceso directo e inteligente a recursos financieros verdes inclusivos; el reciclaje y regeneración de recursos de biomasa urbana; “5G+IA” potenciando los eventos deportivos urbanos y la gobernanza del tráfico; y la integración y optimización de recursos de innovación en un municipio característico.

Capítulo 5 Las Conclusiones e iniciativas

Este capítulo sistematiza las implicaciones conceptuales y prácticas de “IA impulsa el desarrollo urbano sostenible”. Sobre esta base, el informe propone recomendaciones de acción conjunta para los constructores de ciudades y la iniciativa de colaboración global “IA + Ciudad”.



1. La IA Impulsa el Desarrollo Urbano Sostenible

La vía de desarrollo que intercambia alto consumo por conveniencia y altas emisiones por un alto crecimiento ha llevado al estancamiento e incluso al retroceso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible globales en muchas áreas. Una gran parte de las “ciudades inteligentes” tradicionales se han quedado en el nivel de mera acumulación tecnológica, sin resolver el problema de fragmentación de las capacidades urbanas provocado por la división sectorial. En cambio, la práctica china del “Cerebro Urbano” como paradigma de desarrollo urbano reconstruye el concepto de desarrollo urbano desde una perspectiva holística y centrada en las personas, ofreciendo una vía de experiencia para impulsar el desarrollo urbano sostenible mediante la inteligencia urbana de forma ahorradora de recursos y eficiente. Las condiciones para la práctica global están madurando: los sistemas de datos abiertos de las ciudades se perfeccionan gradualmente, los modelos fundacionales de código abierto y los ecosistemas de investigación urbana abierta reducen los umbrales. Con la visión de una comunidad de futuro compartido para la humanidad, la inteligencia urbana alberga la esperanza de impulsar a las ciudades globales hacia un futuro común de bajo consumo, alto bienestar y fuerte resiliencia. Crear una vida mejor con menos recursos.

2. Las Recomendaciones de Acción Conjunta para los Constructores de Ciudades

- (1) Individuos y organizaciones sociales básicos: la generación e iteración de la inteligencia urbana centrada en las personas;
- (2) Industria y mundo académico: la investigación, el desarrollo y la promoción colaborativa de bienes públicos de inteligencia urbana mediante la cooperación entre la industria y la academia;
- (3) Gestores y constructores urbanos: la orienta-

ción a problemas y buena gobernanza basada en escenarios de la inteligencia urbana;

(4) Gobiernos nacionales y locales: el impulso sistémico de la construcción de infraestructuras y de las garantías institucionales.

3. La Iniciativa de Colaboración Global “IA + Ciudad”

- (1) Construir ciudades ahorradoras de recursos, creando una vida mejor con menos recursos.
- (2) Utilizar bien la tecnología de IA para apoyar integralmente la construcción de ciudades ahorradoras de recursos.
- (3) Realizar una buena construcción de la inteligencia urbana, promoviendo “IA + Ciudad” con una visión holística.
- (4) Persistir en el enfoque centrado en las personas, creando escenarios de buena gobernanza.
- (5) Establecer una Alianza Global de Ciudades Inteligentes para compartir experiencias de gobernanza urbana.
- (6) Crear un ecosistema de código abierto para la inteligencia urbana, compartiendo más ampliamente los avances en tecnología de IA.



Perspectivas Asesoras de las Ciudades Futuras 2025

IA y Ciudades

01

La Transformación Urbana Global en la Era de la IA



Capítulo 1 La Transformación Urbana Global en la Era de la IA

01



El desarrollo sostenible global enfrenta desafíos severos. *La Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas* contiene 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS), de los cuales 139 metas específicas son evaluables. Según el *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2025* de la ONU, solo el 35% muestra un progreso suficiente o moderado, mientras que el 18% ha experimentado incluso un retroceso. Las ciudades, como centros de concentración de población, economía y consumo de recursos, son tanto la manifestación concentrada de los problemas de desarrollo sostenible como el campo clave para las soluciones. Por un lado, aunque las ciudades ocupan solo entre el 2% y 3% de la superficie terrestre, consumen entre el 60% y el 80% de la energía global y generan alrededor del 75% de las emisiones de carbono. Por otro lado, las ciudades también son la vanguardia de la innovación tecnológica e institucional, con un potencial único para liderar la transformación global.

La finitud absoluta de los recursos y la ineficiencia sistémica urbana constituyen la doble restricción del desarrollo urbano. Los recursos de tierra son cada vez más escasos, la crisis mundial del agua se agrava y la capacidad de carga energética y ambiental se acerca a sus límites. Más notable aún es la gestión generalmente extensiva en el funcionamiento urbano, que conduce a ineficiencias sistémicas donde grandes cantidades de recursos se desperdician en los procesos de circulación y uso.

La inteligencia artificial (IA) se está convirtiendo en un impulsor clave para superar este dilema. Así como la electrificación lo fue en el siglo XX, la digitalización y la transformación inteligente reconstruirán la lógica operativa de las ciudades del siglo XXI. En la transición de la “era de la electricidad” a la “era de la capacidad de cálculo”, la digitalización en bits y tokenización de los recursos de datos y las aplicaciones inteligentes están impulsando a las ciudades de un modelo de “expansión de recursos” a uno de “ahorro de recursos”. La tecnología de “IA” ya se aplica a escala en escenarios locales, y “IA + Ciudad” como forma holística genera una “Inteligencia Urbana” (City Intelligence) de orden superior. El Cerebro Urbano es una infraestructura modernizada de gobernanza urbana, y la inteligencia urbana es su soporte técnico. Los recursos de datos optimizan el valor de los recursos naturales, permitiendo que la ciudad libere un valor multiplicado en un espacio físico limitado, acercando a la realidad la visión del Cerebro Urbano de “sostener el desarrollo sostenible y de alta calidad de una ciudad con solo el 10% de los recursos urbanos actuales”. Este cambio de paradigma no solo implica la innovación en la aplicación tecnológica, sino un salto holístico de la civilización urbana hacia una dirección humanista, innovadora y eficiente en recursos.



1.1 Los ODS Globales Se Enfrentan a Desafíos Severos

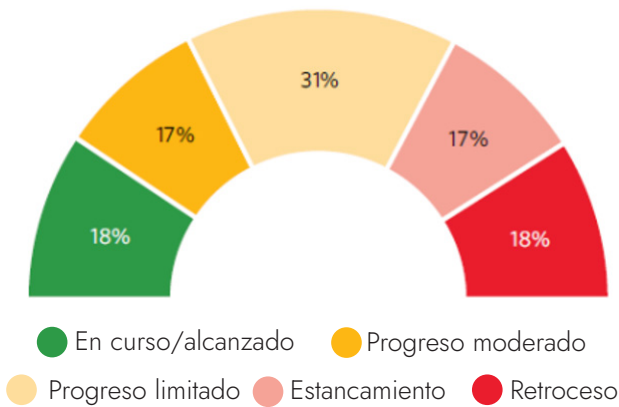
1.1.1 El Progreso Retrasado y los Desafíos Intensificados



Figura 1-1: Los 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU

Fuente: Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2025 de la ONU

Progresos de los objetivos basados en datos globales integrados de 2015-2025



Evaluación del progreso de los 17 ODS con respecto a las metas establecidas (en %)

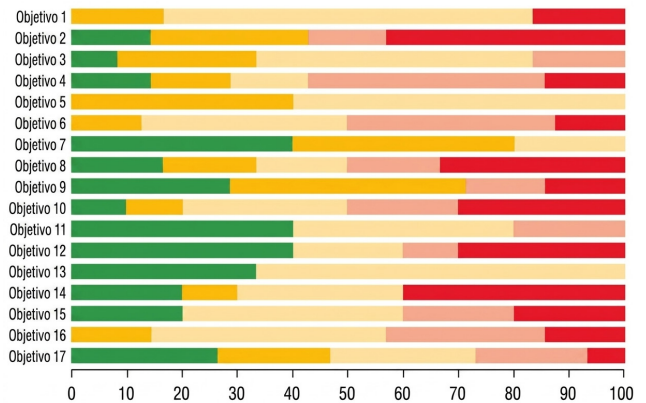


Figura 1-2: Evaluación del progreso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU

Fuente: Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2025 de la ONU

En 2015, las Naciones Unidas adoptaron la *Agenda para el Desarrollo Sostenible 2030*, proponiendo 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS)^[1], con el fin de equilibrar el bienestar humano, la prosperidad económica y la protección del medio ambiente (Figura

1-1)^[2]. Sin embargo, en la evaluación de 2025, el progreso general de los objetivos globales está gravemente rezagado. De las 139 metas específicas evaluables (de un total de 169 metas), solo el 35% muestra un progreso suficiente: el 18% avanza según lo previsto y el 17% muestra un



progreso moderado (Figura 1-2). Cabe destacar que el 48% de las metas tiene un progreso insuficiente, con un 31% mostrando solo mejoras marginales y un 17% sin avance alguno. Aún más preocupante, el 18% de las metas han retrocedido respecto a los valores de referencia de 2015. Por ejemplo, se informa que el ODS 11 “Ciudades y Comunidades Sostenibles” progresa lentamente, casi sin mejoras significativas desde 2015^[3], lo que refleja la intensificación de los desafíos del desarrollo urbano global.

Aunque las ciudades ocupan solo entre el 2% y 3% de la superficie terrestre mundial, albergan a más de la mitad de la población mundial, consumen entre el 60% y 80% de la energía global y generan alrededor del 75% de las emisiones de carbono^[4]. Su alta concentración de población, economía, recursos y demanda de infraestructura las convierte en el campo de batalla central para los desafíos del desarrollo sostenible y un punto de apoyo estratégico para impulsar la implementación de los 17 ODS. Los temas urbanos están profundamente ligados a la gran mayoría de los ODS, y la calidad de su desarrollo determina directamente el progreso de la agenda global: (1) En pobreza y vivienda (ODS 1, ODS 11), el déficit de vivienda/asentamientos informales urbanos obstaculiza directamente la reducción de la pobreza y el desarrollo urbano inclusivo; (2) En salud y calidad del aire (ODS 3), las emisiones industriales y de tráfico urbano de PM_{2,5} están estrechamente relacionadas con la carga de salud ambiental; (3) En energía y clima (ODS 7, ODS 13), la estructura energética urbana y las emisiones del transporte determinan gran parte de las emisiones de gases de efecto invernadero; (4) En infraestructura y oportunidades económicas (ODS 8, ODS 9), la falta de infraestructura y suministro de recursos urbanos limita la productividad y la igualdad de oportunidades; (5) En ecosistemas terrestres y uso sostenible del terreno (ODS 15), la expansión urbana invade tierras de cultivo y hábitats naturales, reduciendo la eficiencia de los recursos. El informe *World Energy Outlook 2024* de la Agencia Internacional de la Energía señala

en el capítulo “Tecnologías Clave de Energía Limpia” (“Key Clean Energy Technologies”) que el despliegue de 7 categorías tecnológicas clave, incluyendo vehículos de la nueva energía, la energía eólica, la fotovoltaica y la captura de carbono, contribuirá colectivamente a aproximadamente el 75% de la reducción de emisiones de CO₂ relacionadas con la energía entre 2023 y 2035, siendo un motor crucial para lograr la disminución de la demanda de combustibles fósiles en esta década y mantener la trayectoria de 1,5°C. Dado que las ciudades albergan a más de la mitad de la población mundial, la mejora de su eficiencia energética y la optimización de la estructura del transporte desempeñan un papel importante en la reducción general de emisiones^[5].

1.1.2 La Limitación Absoluta de los Recursos y la Ineficiencia Sistémica Urbana

Casi todos los desafíos de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU para 2030 están, en última instancia, estrechamente relacionados con cómo lograr el ahorro y la mejora de la eficiencia en el uso de los recursos. La evaluación del *Informe sobre la Brecha de Emisiones 2024* del PNUMA muestra que las trayectorias de emisiones de gases de efecto invernadero implícitas en las políticas actuales y las contribuciones determinadas a nivel nacional son insuficientes para alcanzar el objetivo de 1,5°C y aumentarán significativamente la dificultad de lograr el objetivo de 2°C^[6]. ONU-Hábitat, en su *Informe Mundial de las Ciudades 2024* (World Cities Report 2024), señala que las ciudades globales enfrentan carencias generalizadas en vivienda, transporte público y recursos y financiación para infraestructura resiliente ante desastres. Los impactos climáticos amplifican estas deficiencias estructurales, especialmente en países de ingresos medios y bajos, y en ciudades con alta proporción de asentamientos informales y capacidades limitadas de gobernanza y finanzas^[7]. El *Informe de Síntesis AR6*



del *Cambio Climático 2023* de IPCC indica que confiar únicamente en mejoras tecnológicas parciales o en el crecimiento económico no puede lograr una reducción de emisiones globales suficientemente rápida. Es necesario promover una utilización más eficiente de los recursos y una transformación integral en múltiples sistemas como energía, transporte, construcción y uso del terreno; de lo contrario, será difícil limitar el calentamiento global a 1.5°C o 2°C^[8].

(1) La Limitación Absoluta de los Recursos

En los albores de la civilización humana, la disponibilidad de recursos naturales clave como el agua y el terreno determinaba directamente el auge y la caída de ciudades y asentamientos. Ejemplos como el asentamiento prehistórico de Tell es-Sultan en la antigua Jericó, centrado en manantiales permanentes y obras tempranas de drenaje/control de inundaciones, muestran la influencia decisiva del agua en la supervivencia y expansión de los primeros asentamientos^[9]. En Mesopotamia y el Creciente Fértil, el riego a gran escala trajo aumentos agrícolas, pero también efectos acumulativos a largo plazo de salinización y degradación del suelo. Estudios históricos y arqueológicos clásicos, como los de Thorkild Jacobsen y Robert McC. Adams sobre la salinización en Mesopotamia, señalan que este tipo de degradación de la tierra y desequilibrio en la gestión del agua fueron factores importantes en la reconfiguración social, la migración de la población e incluso el declive de las ciudades-estado^[10].

La escasez de recursos ha sido siempre una limitación fundamental para el desarrollo de las sociedades humanas. Ya en la década de 1970, *Los Límites del Crecimiento* (The Limits to Growth, 1972) planteó la lógica de “crecimiento en un planeta finito”. Hoy, las ciudades globales están alcanzando el límite de los recursos^[11].

En primer lugar, la finitud de los recursos de tierra. Las investigaciones predicen que entre

2000 y 2030, la superficie de terreno urbano construido a nivel mundial podría aumentar en aproximadamente 1,2 millones de kilómetros cuadrados, equivalente a dos o tres veces la superficie urbana mundial en 2000^[12]. Pero pensemos en los próximos treinta años; en China, por ejemplo, es absolutamente imposible continuar desarrollando las ciudades de la misma manera —expandiendo exponencialmente la superficie de tierra—. Al mismo tiempo, una expansión territorial tan masiva está haciendo que las ciudades traspasan los umbrales ecológicos: la expansión urbana a menudo se produce a expensas de bosques, humedales y tierras de cultivo. Los científicos estiman que, a las tendencias actuales, para 2030, los cambios en la cobertura vegetal debido a la expansión urbana liberarán alrededor de 13,8 mil millones de toneladas de carbono y amenazarán gravemente la biodiversidad^[13]. Muchas áreas urbanas ya están cerca de su límite de capacidad de carga de tierra, y el desarrollo de nuevas zonas enfrenta el dilema de ocupar tierras de cultivo valiosas o áreas ecológicamente sensibles. Esta limitación absoluta de los recursos de tierra exige que el desarrollo urbano se oriente hacia la optimización de los recursos existentes en lugar de la expansión basada en nuevos recursos.

Las restricciones de agua y energía también se intensifican. La demanda de agua dulce en las ciudades está aumentando rápidamente, pero el suministro de agua dulce está estrictamente limitado por las condiciones naturales, y el cambio climático está agravando la crisis del agua. Los análisis indican que actualmente alrededor del 10% de la extracción mundial de agua se destina al suministro municipal^[14]. Según el Banco Mundial y el *Informe Mundial sobre el Desarrollo de los Recursos Hídricos* de la UNESCO (2023), se prevé que la población urbana mundial que enfrenta escasez de agua aumente de 933 millones en 2016 (un tercio de la población urbana mundial) a entre 1.700 y 2.400 millones en 2050 (entre un tercio y casi la mitad de la población urbana mundial)^{[15][16]}. Al mismo tiempo, la rápida urbanización



intensifica la demanda de agua, como se vio en las crisis de “Día Cero” en Bangalore (India) y Ciudad del Cabo (Sudáfrica). Los modelos climáticos advierten que para 2050, el cambio climático reducirá la disponibilidad de agua dulce para al menos 685 millones de residentes urbanos en más del 10%. Algunas ciudades que dependen en gran medida de fuentes de agua externas ya han experimentado disminuciones de precipitación del 30% al 50% (como Ammán en Jordania, Melbourne en Australia y Ciudad del Cabo en Sudáfrica) y han sufrido graves crisis de agua en los últimos años^[17]. El calentamiento global combinado con el aumento de la demanda urbana de agua hace que los recursos hídricos urbanos sean excepcionalmente vulnerables. La UNESCO predice que para 2050, la población urbana mundial que enfrenta escasez de agua se duplicará de 930 millones en 2016 a entre 1700 y 2400 millones^[18]. Según las observaciones del Instituto de Recursos Mundiales, actualmente 25 países enfrentan un estrés hídrico extremadamente elevado cada año (Figura 1-3).

En términos de energía y capacidad de carga ambiental, las ciudades mantienen su funcionamiento obteniendo combustibles, alimentos, materiales de construcción y otros recursos

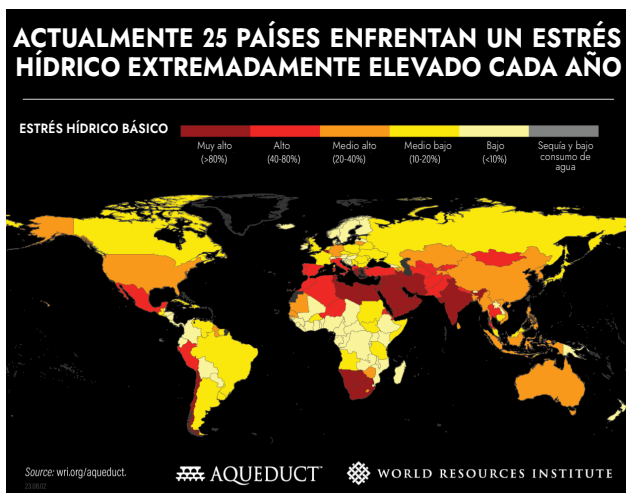


Figura 1-3: Situación de la escasez de agua por países (y principales ciudades) en el mundo^[19]

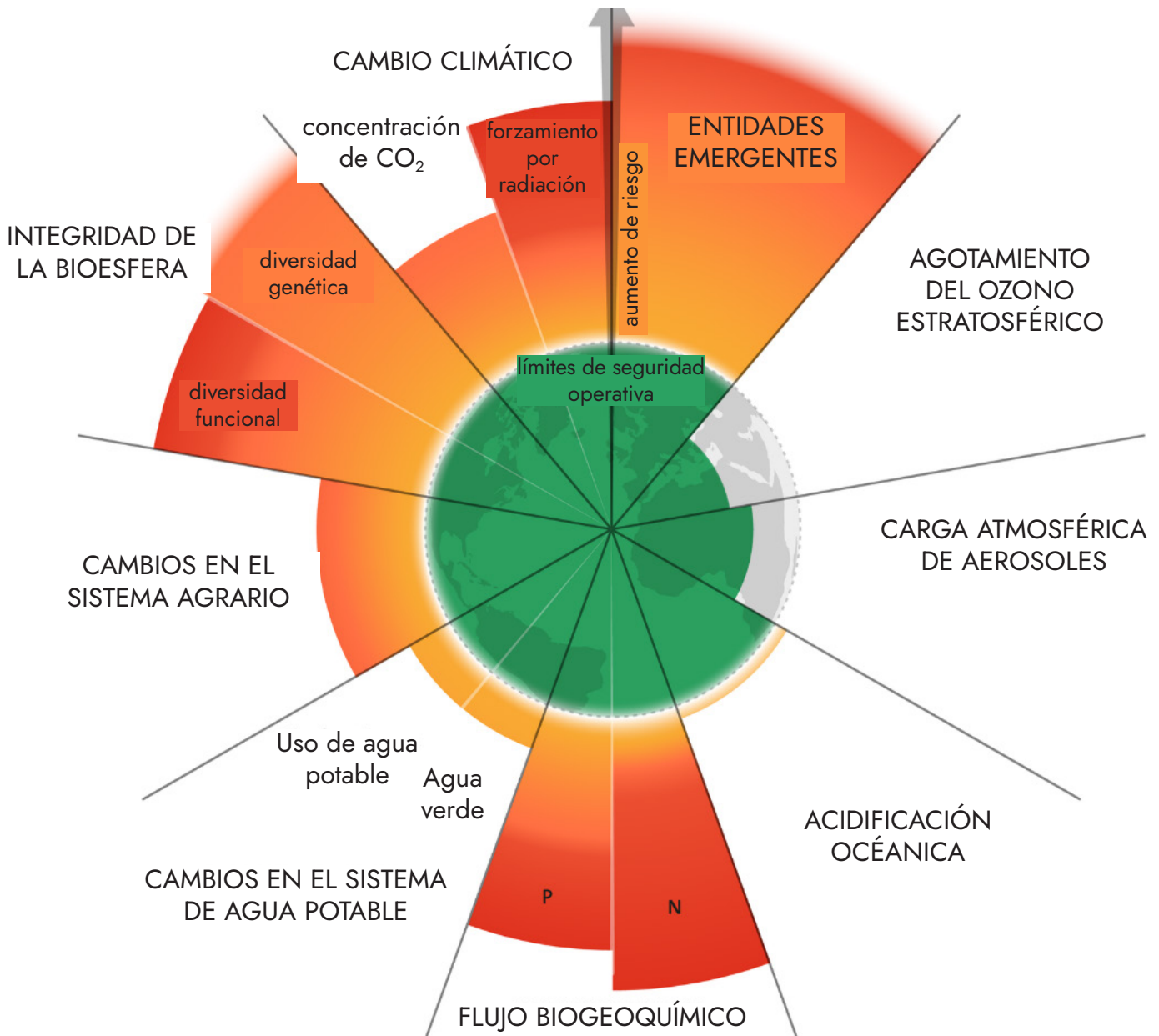
Fuente: Instituto de Recursos Mundiales

de todo el mundo. Este consumo concentrado ejerce presión sobre el clima y los ecosistemas. La acumulación actual de gases de efecto invernadero ya ha elevado la temperatura media global aproximadamente 1,1°C por encima de los niveles preindustriales, y en los últimos años se han batido récords de altas temperaturas con mayor frecuencia^[20]. Según el marco de los “Límites Planetarios” propuesto por el Centro de Resiliencia de Estocolmo, hasta 2025, siete indicadores del sistema terrestre ya han superado los umbrales de seguridad (Figura 1-4).

(2) La Ineficiencia Sistémica de los Recursos

La sola limitación de recursos no explica completamente el retraso en el progreso de los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU para 2030. Más crucial es la ineficiencia y el desperdicio sistémicos generalizados en la utilización de recursos en todos los ámbitos, que amplifican el riesgo y el impacto de la “finitud”. Entre ellos, la ineficiencia sistémica de los recursos urbanos es particularmente prominente, siendo la principal fuente de presión global sobre los recursos y un área clave para la transformación.

En primer lugar, la ineficiencia en el uso del suelo. Muchas ciudades experimentan una expansión dispersa durante su crecimiento, con la zonificación funcional fragmentada y el uso extensivo del suelo, lo que lleva al desperdicio de recursos de tierra y a una baja utilización de la infraestructura. Entre 2000 y 2014, la tasa de expansión de la superficie urbana mundial fue 1,28 veces superior a la tasa de crecimiento de la población, y el suelo urbano construido per cápita ha ido en aumento^[23]. El *Informe Eficiencia Energética 2023* (Energy Efficiency 2023) de la Agencia Internacional de la Energía señala que, aunque la demanda de energía por unidad de superficie en edificios residenciales o por pasajero-kilómetro en vehículos ligeros ha disminuido desde 2000, la mejora de la eficiencia en vehículos pesados y el sector industrial es muy lenta^[24]. La OCDE, en su informe *Repensar la Expansión Urbana*



*evaluaciones sistémicas
 ** opciones sistémicas

Figura 1-4: El marco de los “límites planetarios” indica que en 2025 ya se han sobrepasado 7 sistemas^[21]

Fuente: Centro de Resiliencia de Estocolmo^[22]

Dispersa (Rethinking Urban Sprawl), también indica que la expansión urbana en la mayoría de los países desarrollados muestra una tendencia a la fragmentación del uso del suelo y la falta de compatibilidad funcional, lo que reduce la eficiencia de los servicios públicos y la infraestructura^[25].

En cuanto al agua, el uso ineficiente sistémico proviene esencialmente del doble desperdicio causado por “la demanda desconocida” y “la oferta ineficiente”. En primer lugar, hay una comprensión insuficiente de la demanda precisa de agua en el lado de la demanda. Un hogar británico consume un promedio diario de 340 litros de agua, mientras que en Etiopía, un hogar consume solo 40 litros al día (Figura 1-5). Hasta la fecha, no podemos determinar con precisión cuánta agua necesita realmente un hogar al día para considerarse razonable. Si el valor real se encuentra entre estas dos cifras, indica tanto una clara insuficiencia de suministro en algunas regiones como un desperdicio innecesario significativo en áreas de alto consumo, reflejando al mismo tiempo las desigualdades e insostenibilidad representadas por las diferencias en el consumo de agua per cápita.

Además, las fugas en el lado del suministro también constituyen un grave desperdicio. A nivel mundial, se pierden anualmente alrededor de 126 mil millones de metros cúbicos de agua por fugas en las tuberías, una cifra asombrosa que podría satisfacer las necesidades anuales de agua de casi 90 millones de personas. En algunas regiones, hasta el 30% del suministro total de agua se pierde antes de llegar a los usuarios, lo que subraya la urgencia de mejorar la infraestructura^[26]. Según las tasas de fuga en los sistemas de suministro de agua proporcionadas por Roland Berger, reducir las fugas es una medida clave (Figura 1-6). Tomando el ejemplo de Irlanda, que otorga gran importancia a las fugas de agua, la tasa de fuga de la red nacional de suministro era del 46% en 2018, y tras esfuerzos continuos, se redujo al 40% en 2020, con el objetivo de alcanzar el 25% para 2030. La reducción del 46% al 25% es casi a la mitad, pero una fuga del 25% de los recursos hídricos sigue siendo un desperdicio ingente para una ciudad^[27].

El uso de energía también muestra ineficiencias significativas. *Perspectivas Energéticas Mundiales 2023* (World Energy Outlook 2023) de la AIE muestra que la eficiencia global de conversión de energía primaria ha rondado durante mucho tiempo entre el 30% y 40%, con grandes pérdidas en la generación, la transmisión y el uso final. Sin considerar el desmantelamiento de instalaciones, se espera que el factor de capacidad anual promedio de las centrales eléctricas de carbón (relación entre la generación real y la generación teórica a plena carga) disminuya de más del 50% actual a aproximadamente el 30% para 2030^[29]. Esta utilización ineficiente de la infraestructura energética hace que el consumo de recursos energéticos finitos supere con creces lo que debería ser. En el lado del consumo, la eficiencia energética de edificios urbanos e industrias también tiene un margen de mejora considerable. Los diseños de edificios tradicionales a menudo no consideran plenamente el ahorro de energía, lo que lleva a un enorme consumo de calefacción y



Figura 1-5: Comparación del consumo diario de agua por hogar entre el Reino Unido y Etiopía

Fuente: Fotografía tomada por el autor en Londres, 2018

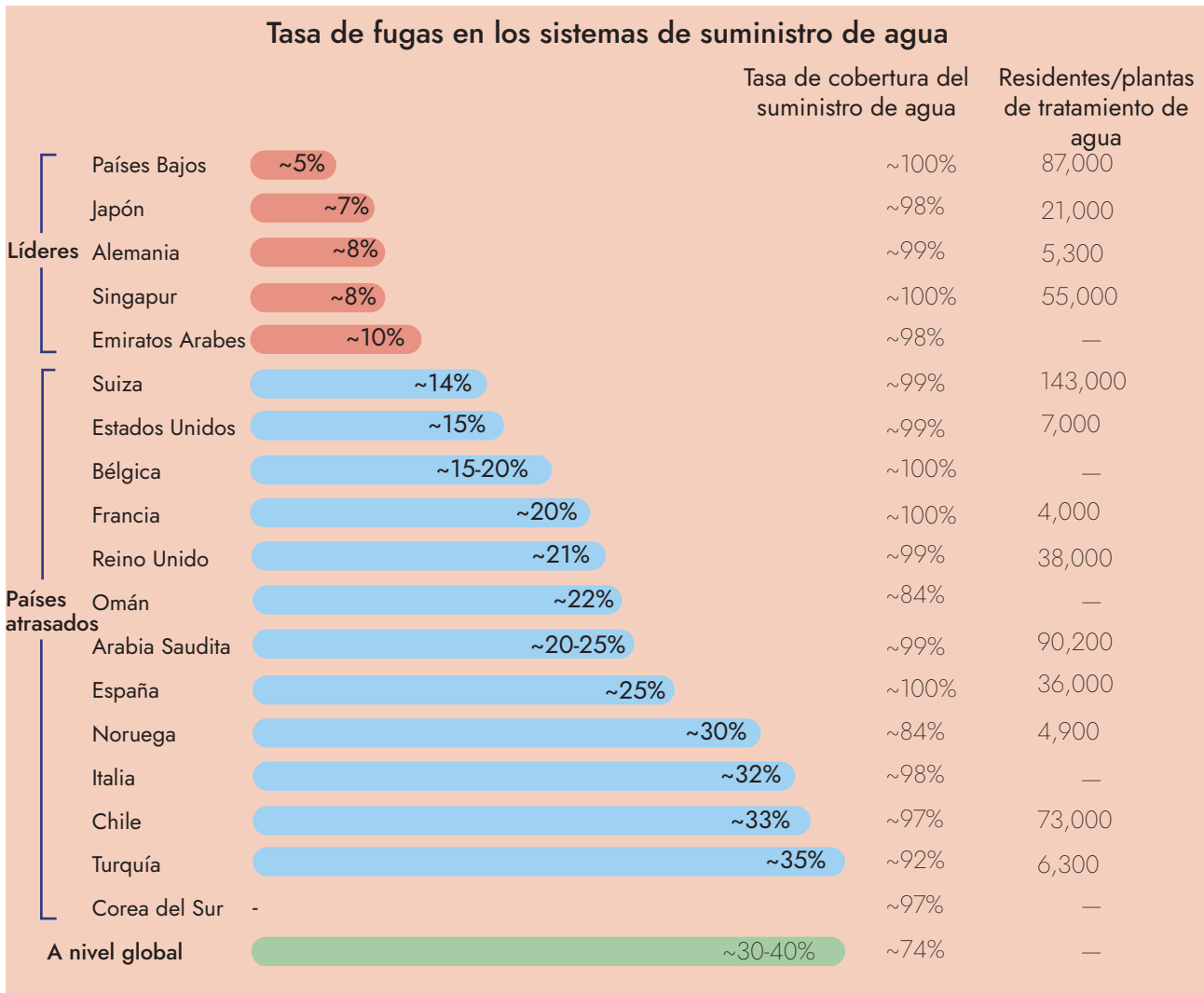


Figura 1–6: Tasa de fugas en los sistemas de suministro de agua: la reducción de fugas es una medida clave^[28]
 Fuente: Roland Berger

aire acondicionado en invierno y verano. Los equipos industriales y comerciales obsoletos también contribuyen al desperdicio de energía.

El transporte es otro ámbito destacado de uso ineficiente de recursos. Según el *Informe Global de Tráfico INRIX 2023* (2023 INRIX Global Traffic Scorecard), los residentes de ciudades estadounidenses perdieron un promedio de aproximadamente 42 horas al año debido a la congestión del tráfico (4 horas más que en 2022), lo que equivale a un desperdicio de tiempo valorado en 70 mil millones de dólares (Tabla 1-1 Las 10 principales ciudades de Estados Unidos por retrasos en desplazamientos urbanos

y pérdidas económicas). Los residentes de ciudades globales pierden un promedio de 50 a 150 horas al año por congestión, equivalente a miles de millones de dólares en productividad desperdiciada^[30]. Una ineficiencia más profunda radica en el uso estructuralmente ineficiente del automóvil privado: el escenario común de “una persona, un coche” ocupa decenas de metros cuadrados de calzada, y tanto las carreteras como los estacionamientos permanecen inactivos la mayor parte del tiempo, saturándose solo en las horas punta. Mientras tanto, la insuficiencia del transporte público obliga a más personas a usar el coche, creando un “ciclo de ineficiencia”. Los datos de la División de

Estadísticas de la ONU de 2023 muestran que, en una muestra de 126 países y 1.507 ciudades, solo alrededor del 51,6% de la población urbana mundial tiene acceso conveniente al transporte público (definido como una parada de autobús a menos de 500 metros o una estación de metro/tren a menos de 1.000 metros)^[31]. La baja accesibilidad al transporte público lleva directamente a una mayor dependencia del automóvil, empeorando aún más la eficiencia vial y el consumo de energía.

globales; por otro lado, están a la vanguardia del cambio en el desarrollo, reuniendo ventajas tecnológicas, humanas e institucionales, con un potencial único para liderar la transición hacia un modelo de desarrollo eficiente en el uso de recursos. En el futuro, las ciudades que lideren la aceleración de esta transformación utilizando tecnologías emergentes como la inteligencia artificial desempeñarán un papel importante en la configuración futura del desarrollo sostenible global.

1.1.3 El Papel Decisivo de las Ciudades en el Desarrollo Sostenible Global

La ciudad es el mayor invento de la humanidad^[32]. Alberga la acumulación continua de población, economía, cultura y tecnología de una forma espacial altamente organizada, impulsando así el avance constante de la civilización. Las ciudades tienen un doble papel en el desarrollo sostenible global: por un lado, son los principales puntos de concentración del consumo de recursos y la ineficiencia, ejerciendo una enorme presión sobre el medio ambiente y los recursos

(1) Las Ciudades como “Zona Crítica” de Consumo de Recursos e Ineficiencia

Desde 1960, la población urbana mundial ha crecido de aproximadamente 1000 millones a unos 4500 millones, mostrando una tendencia de expansión continua y acelerada. En contraste, la población rural, tras entrar en una fase de estancamiento, ha comenzado a disminuir lentamente en la última década. En 2008, la población urbana mundial superó por primera vez a la rural, marcando un hito en el proceso de urbanización. Después de 2010, la población

Tabla 1-1: Las 10 principales ciudades de Estados Unidos por retrasos en desplazamientos urbanos y pérdidas económicas en 2023

Ranking	Ciudad	Retraso en el tráfico per cápita (horas)	Pérdida de retraso per cápita (USD)	Pérdida total de retraso (B USD)
1	Nueva York	101	1,762	9.1
2	Chicago	96	1,672	6.1
3	Los Angeles	89	1,545	8.3
4	Boston	88	1,543	2.9
5	Miami	70	1,219	3.1
6	Filadelfia	69	1,209	2.9
7	Washington D. C.	63	1,095	2.7
8	Houston	62	1,082	3.2
9	Atlanta	61	1,066	2.6
10	Seattle	58	1,010	1.6

urbana ha seguido aumentando rápidamente, ampliándose la brecha entre la población urbana y la rural (Figura 1-7). Hoy en día, más de la mitad de la población mundial vive en áreas urbanas, y se espera que esta proporción aumente a aproximadamente dos tercios para 2050. En general, el mundo ha entrado en una era de predominio de la población urbana, y la urbanización está redefiniendo la distribución de la población, convirtiendo a las ciudades en un espacio clave para abordar los desafíos del desarrollo global.

En cuanto al agua, la alta concentración de población e industrias urbanas hace que la demanda de agua en muchas regiones supere la capacidad de carga local, obligando a recurrir a trasvases entre cuencas y a la sobreexplotación de aguas subterráneas para satisfacer la demanda urbana. Algunas megaciudades se han convertido incluso en “embudos” regionales de recursos hídricos. Por ejemplo, la Ciudad de México y Delhi experimentan hundimientos del terreno debido a la extracción excesiva de agua

subterránea, reflejando la enorme presión del consumo urbano de agua sobre la naturaleza. Además, las redes de suministro inadecuadas y la mala gestión provocan un alto porcentaje de desperdicio de agua, amplificando aún más la presión sobre los recursos. La combinación de alta demanda y baja eficiencia hace que las ciudades actúen como amplificadoras de la presión en la crisis mundial del agua.

Los problemas de tráfico y contaminación del aire también muestran el profundo impacto de las ciudades en el medio ambiente. La mayor parte del tráfico motorizado mundial se concentra en las ciudades, y los vehículos de combustible convierten a las ciudades en puntos críticos de contaminación del aire. Datos de monitoreo de calidad del aire que cubren 117 países y más de 6000 ciudades muestran que en 2022, el 99% de la población urbana mundial vivía en áreas donde la calidad del aire excedía los límites, específicamente, donde la concentración de PM_{2,5} superaba el nuevo estándar anual establecido por la OMS en 2021 (menos

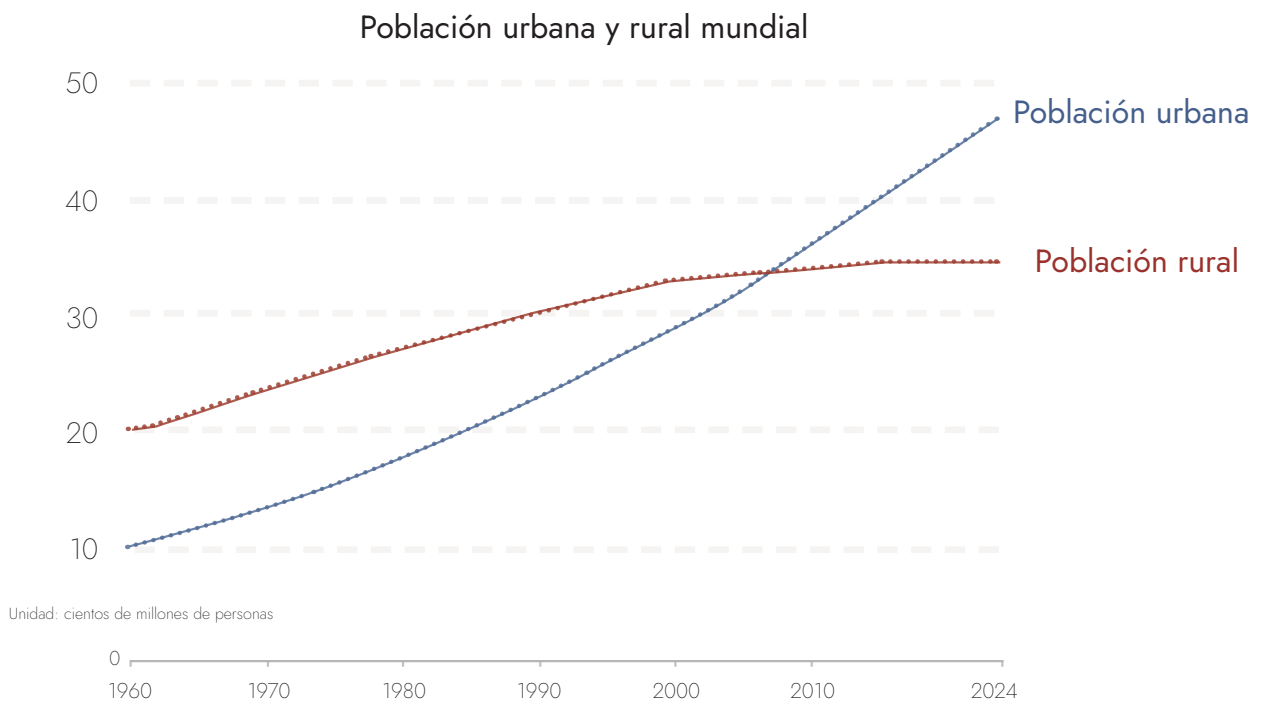


Figura 1-7: Tendencia de la urbanización mundial^[33]

Fuente: Sitio Web "Our World in Data"





Figura 1–8: Infraestructura y fuentes de energía en las eras de la potencia animal, la electricidad y computación
Fuente: Elaboración propia del autor

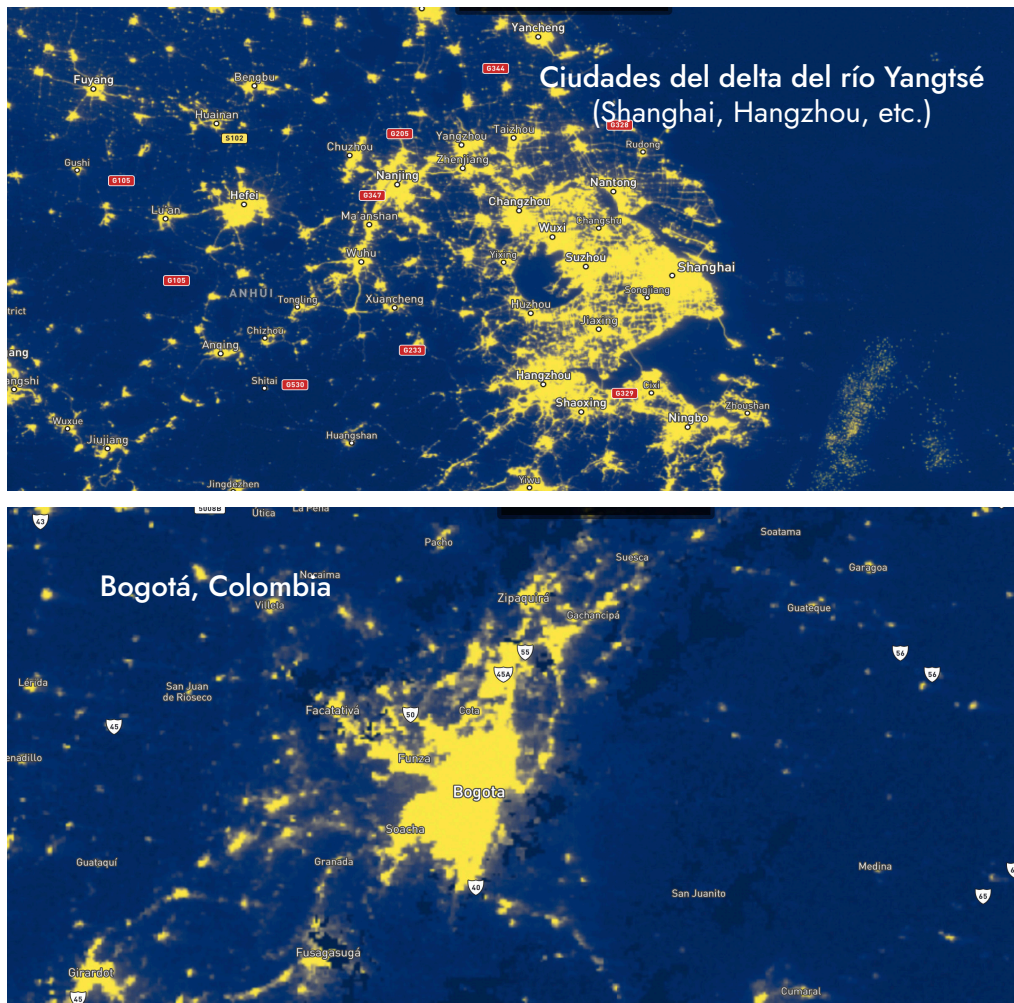


Figura 1–9: Mapa de distribución de la iluminación nocturna en la aglomeración urbana del delta del río Yangtsé en China y la ciudad de Bogotá en Colombia.

Fuente: Elaboración propia del autor a partir de los datos de radiancia media compuesta mensual de iluminación nocturna de agosto de 2025 de la banda DNB (día/noche) del sensor VIIRS del satélite Suomi NPP^[38].

de 5 microgramos por metro cúbico)^[34]. La contaminación del aire urbano no solo daña la salud de los ciudadanos, sino que también afecta la calidad ambiental regional y global a través de la circulación atmosférica.

Más notable aún, el modelo actual de desarrollo urbano magnifica la ineficiencia en el uso de recursos. Problemas como las pérdidas de energía, la congestión del tráfico y el desperdicio en edificios son particularmente agudos en entornos urbanos densos. Esto subraya la urgente necesidad de cambiar el modelo de desarrollo urbano y sienta las bases para que las futuras ciudades asuman un papel de liderazgo en la transición hacia la sostenibilidad^[35].

(2) Las Ciudades como Vanguardia del Cambio en el Desarrollo

Las ciudades también son la cuna de los grandes inventos humanos. A lo largo de la historia de la civilización humana, cada revolución en la productividad ha tenido a la ciudad como escenario. La “era de la potencia animal” está representada por la antigua Roma, cuyos sistemas de carreteras, agua y edificios públicos mostraron las ventajas concentradas de las primeras ciudades en transporte, energía y capacidad organizativa. La Primera Revolución Industrial surgió de Manchester, Inglaterra^[36]; la máquina de vapor y las fábricas textiles marcaron el comienzo de la revolución industrial, impulsando el nacimiento de la sociedad industrial moderna. La ola de electrificación está representada por Nueva York^[37]; las luces del cielo nocturno de la ciudad iluminaron la “era de la electricidad”, cambiando por completo los métodos de producción y los estilos de vida. La luz nocturna es el indicador global más intuitivo y unificado para describir la intensidad de la actividad

humana urbana, la estructura espacial y el dinamismo económico (Figura 1-9). Al entrar en la “era de la capacidad de cálculo”, la inteligencia artificial y la infraestructura digital están remodelando la lógica de funcionamiento urbano a una velocidad sin precedentes (Figura 1-8). Ya sea el salto de la potencia animal, la electricidad o la capacidad de cálculo, la ciudad siempre ha estado a la vanguardia del progreso tecnológico y el cambio social.

La ciudad es el campo clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible globales (Figura 1-10). Las ciudades concentran más del 80% de la producción económica mundial y casi el 60% de la población, siendo la unidad espacial más concentrada de la innovación humana y la capacidad de gobernanza^[39]. La flexibilidad y la capacidad de acción de las ciudades a menudo les permiten implementar políticas sostenibles más rápido que a nivel nacional. Muchas ciudades asumen voluntariamente responsabilidades de reducción de emisiones que superan los compromisos nacionales. Por ejemplo, el Grupo de Liderazgo Climático C40 reúne a más de cien ciudades importantes del mundo, comprometiéndose



Figura 1-10: Las ciudades como escenario clave para alcanzar los Objetivos de Desarrollo Sostenible globales

Fuente: Elaboración propia del autor



conjuntamente a alcanzar emisiones netas cero para mediados de este siglo y compartir las mejores prácticas^[40]. Hasta 2024, más de 500 ciudades se han unido a la “Carrera hacia el Cero” (Race to Zero) impulsada por la ONU, impulsando los objetivos climáticos globales con acción local.

Las ciudades también son campos de prueba para la innovación institucional y la transformación del comportamiento. Los conceptos como “la ciudad de 15 minutos”, “la movilidad compartida” y “el transporte verde” se originaron en exploraciones a nivel de ciudad y se han difundido globalmente. Copenhague y Ámsterdam, al restringir el uso del automóvil privado y ampliar la proporción de desplazamientos en bicicleta, han reducido significativamente el consumo de energía y las emisiones de carbono del transporte, proporcionando ejemplos replicables del transporte sostenible^[41].

En el ámbito humanístico y social, el estilo de vida y la conciencia social son igualmente cruciales. La alta densidad de población, la rápida circulación de información y una sociedad civil activa convierten a las ciudades en el campo ideal para la participación pública en unas acciones sostenibles. Desde la “Hora del Planeta” hasta el “Día Sin Coches”, muchas iniciativas ambientales globales se originan en unas acciones espontáneas de ciudadanos urbanos y se difunden a través de las redes de ciudades a nivel mundial. El aumento de la participación y la conciencia ciudadana se está convirtiendo en una base social que impulsa la transformación del mercado y la innovación de políticas.

El Secretario General de las Naciones Unidas, António Guterres, declaró: “Las ciudades son donde se ganará o perderá la batalla por el clima (Cities are where the battle for climate will be won or lost)”^[42]. Esta afirmación se aplica no solo a la acción climática, sino también a la agenda de desarrollo sostenible en un sentido más amplio. Las ciudades son tanto el epicentro del riesgo global como la fuente de esperanza

y cambio. Que el mundo pueda superar el dilema del desarrollo sostenible en el futuro depende críticamente de si las ciudades pueden ser las primeras en lograr una transformación tecnológica y un uso eficiente de los recursos.

1.2 Las Ciudades: De la Expansión de Recursos al Ahorro de Recursos

1.2.1 El Cambio en la Filosofía de Desarrollo

A lo largo de la historia del desarrollo urbano, la civilización urbana humana ha experimentado tres grandes saltos, cada uno impulsado por un cambio en la infraestructura clave. Hace más de 2.000 años, Roma introdujo las carreteras como infraestructura, llevando a la sociedad humana a la “era de la potencia animal”, donde el tamaño y el nivel de desarrollo de una ciudad podían medirse por primera vez por el número de caballos. Hace más de 130 años, Edison introdujo la red eléctrica para Nueva York, llevando a las ciudades a la “era de la electricidad”. La electrificación no solo cambió el paisaje urbano, sino que también impulsó una ola de innovación en la industria de electrodomésticos, desde bombillas hasta aires acondicionados, televisores y refrigeradores, vinculando directamente el nivel económico de una ciudad con la escala de su consumo eléctrico^[43]. Hoy, con la madurez de internet, la computación en la nube y la inteligencia artificial, las ciudades se enfrentan a un tercer salto: de la “era de la electricidad” a la “era de la capacidad de cálculo”. El desarrollo urbano necesitaba carreteras en la “era de la potencia animal”, y redes eléctricas en la “era de la electricidad”; cuando la ciudad depende de la capacidad de cálculo, necesita una infraestructura completamente nueva.

Desde la antigua Roma de la “era de la potencia animal” hasta Nueva York en la “era de la electricidad”, las ciudades han aumentado durante mucho tiempo el consumo de recursos



para satisfacer las demandas del crecimiento demográfico y económico, intercambiando recursos por el desarrollo. La aplicación generalizada de la electricidad, en particular, aumentó drásticamente el consumo de energía, la producción industrial y el uso doméstico de energía, ejerciendo una enorme presión sobre los recursos naturales globales[44]. En las últimas décadas, el modelo de desarrollo de muchas ciudades ha mostrado una expansión dispersa y extensiva: las ciudades sostienen el crecimiento aumentando continuamente la oferta de tierra, energía, agua y otros factores. Este modelo de expansión incremental impulsó el rápido crecimiento urbano en el pasado, pero ante las crecientes restricciones de recursos y la presión ambiental, ya no es sostenible.

Al entrar en la “era de la capacidad de cálculo”, reconocemos por primera vez que los datos son, en esencia, también “recursos naturales”. Las tecnologías emergentes representadas por la inteligencia artificial y el Big Data permiten a las ciudades optimizar el funcionamiento de sistemas como la energía, el agua y el transporte, logrando un uso eficiente de otros recursos urbanos mediante el uso eficiente de los recursos de datos. Esto marca una transformación estratégica de las ciudades, que pasan de depender únicamente de la expansión de recursos naturales a buscar un uso eficiente de los recursos, impulsando a las ciudades de la “expansión basada de nuevos recursos” a la “optimización de los recursos existentes”, es decir, alcanzar los objetivos de desarrollo sin aumentar o incluso reduciendo la inversión de recursos. En la “era de la capacidad de cálculo”, la aparición de nuevas infraestructuras impulsará un cambio fundamental en la filosofía de desarrollo urbano: las ciudades ya no dependerán de la expansión ilimitada de recursos naturales, sino que mejorarán la eficiencia en el uso de los recursos naturales existentes a través de la optimización de los recursos de datos, realizando una transición en la vía de desarrollo urbano sostenible de la “expansión de recursos” al “ahorro de recursos”.

1.2.2 La Optimización de la Eficiencia del Uso de los Recursos Urbanos mediante Datos

El núcleo de una ciudad eficiente en recursos (Resource Efficient City) reside en maximizar la eficiencia en el uso de los recursos a través de una optimización global y sistémica, en lugar de simplemente reducir pasivamente el consumo de recursos. Este cambio de paradigma surge de una profunda comprensión de la esencia del metabolismo urbano. Como revela la práctica de gestión del agua en Irlanda: incluso en economías desarrolladas, hasta el 25% del suministro de agua se “pierde misteriosamente” a través de fugas en la red de tuberías, una cantidad que supera con creces los resultados de los esfuerzos de ahorro de agua de los residentes. El verdadero desarrollo sostenible no reside únicamente en restringir la demanda, sino en eliminar las ineficiencias del sistema. Utilizar los recursos de datos para optimizar la eficiencia de los recursos es el camino clave para lograr este objetivo.

(1) La Digitalización en Bits de Datos: La Base de Valor de los Nuevos Recursos

En la “era de la capacidad de cálculo”, los datos han logrado una transformación fundamental de información tradicional a recurso estratégico a través del proceso de “la digitalización en bits”. Según la “Ley de Bits en Línea”^[44], esta transformación establece tres condiciones básicas para la creación de valor de los recursos de datos: primera, cada bit está en internet; segunda, cada bit puede fluir libremente en internet; tercera, cada objeto representado por bits es computable en internet. “La Ley en Línea” es la ley de eficacia de los recursos de datos: cuando los bits se desconectan de internet y quedan atrapados en discos duros locales, no pueden generar valor económico; cuando los bits no pueden fluir libremente, su valor potencial se fragmenta; cuando los bits no pueden ser procesados computacionalmente, los recursos de datos no



pueden convertirse en productividad real. Este proceso de “la digitalización en bits” no es solo una evolución tecnológica, sino una revolución en la concepción de los recursos, sentando una base insustituible para que los datos se conviertan en el recurso estratégico central que impulse el desarrollo urbano sostenible.

Las ciudades son la concentración más rica de recursos de datos. En las ciudades contemporáneas, sensores como las cámaras generan cantidades masivas de datos diariamente. Estos datos deberían utilizarse para optimizar el tráfico urbano, la seguridad y los servicios públicos, pero en la etapa de la digitalización en bits, la mayoría de los datos aún permanecen en un estado “latente (fuera de línea)”. Esta situación refleja que, aunque los datos existen en forma de bits, aún no se han transformado realmente en recursos computables y fluidos. Por lo tanto, la optimización de los recursos urbanos está limitada por la capacidad cognitiva humana, dificultando el logro de un óptimo global.

(2) Tokenización de Datos: El Salto Cualitativo del Valor de los Recursos

La combinación de datos, los modelos y la capacidad de cálculo que libera un efecto de escala es clave para lograr el salto cualitativo de la inteligencia artificial. Aunque el auge del aprendizaje profundo en 2012 abrió la era de la IA, la cantidad de datos, la complejidad del modelo y la escala de la capacidad de cálculo aún no habían convergido plenamente hasta la introducción de la arquitectura Transformer y la tecnología de tokenización en 2017. En los modelos de inteligencia artificial, el Token se convirtió en la unidad de medida de los datos, y la tokenización es el proceso de convertir datos en Tokens. A través de la tokenización, los datos experimentan un cambio cualitativo que los hace estructurados, computables y agregables, pudiendo ser utilizados directamente por modelos de IA y formando verdaderamente aplicaciones a escala de IA. La tokenización no es solo un método de procesamiento técnico,

sino un paradigma de organización de recursos: permite que los datos entren en el flujo computacional de manera unificada y eficiente, liberando así un valor exponencial. En el contexto urbano, la tokenización significa transformar datos urbanos dispersos y heterogéneos en unidades de recursos que pueden circular, computarse y compartirse. La apertura y el uso compartido de recursos es fundamental para la innovación sistémica. A través de la tokenización, se facilita el flujo eficiente y el cómputo colaborativo de datos urbanos entre diferentes departamentos y sistemas bajo condiciones seguras y controladas, acabando con así los “silos de datos” y permitiendo que la gobernanza urbana pase de la optimización local a la inteligencia global^[45].

(3) Los Recursos de Datos Lideran la Optimización de la Eficiencia del Uso de los Recursos Urbanos

El núcleo de cómo los recursos de datos lideran la optimización de la eficiencia del uso de los recursos urbanos reside en eliminar los puntos ciegos cognitivos a través de la cuantificación y lograr la reconstrucción del sistema mediante mecanismos de la apertura y el uso compartido.

En primer lugar, los recursos de datos eliminan los “puntos ciegos” de la gobernanza urbana a través de la cuantificación. La comprensión tradicional de la utilización de recursos en las ciudades ha permanecido durante mucho tiempo en un estado vago, careciendo de puntos de referencia científicos para definir una demanda razonable. Por ejemplo, ¿cuánta agua necesita realmente un hogar? No existe un punto de referencia científico para definir una demanda razonable. Al digitalizar en bits y tokenizar completamente los diversos datos de recursos urbanos, las ciudades pueden establecer un sistema de monitoreo de extremo a extremo desde el origen hasta el usuario final. El Cerebro Urbano de Hangzhou descubrió a través de datos en tiempo real que, en una ciudad con 3 millones de vehículos, solo alrededor de 300.000 están realmente en circulación durante



las horas pico^[46]. Esta visión disruptiva, que diferencia entre el parque automotor total y el volumen de vehículos en circulación, cambió por completo la comprensión de las leyes básicas del funcionamiento urbano y proporcionó un objetivo preciso para la optimización de recursos.

Una optimización más profunda proviene del uso compartido de código abierto y la reconstrucción del sistema impulsada por los recursos de datos. “La apertura de los pesos de los modelos hoy en día es esencialmente la apertura de los recursos de datos y de los recursos computacionales”^[45]. Este mecanismo impulsa a los diferentes departamentos urbanos a lograr la circulación de datos tokenizados bajo condiciones de seguridad, compartiendo la capacidad de cálculo y modelos basados en estándares unificados, evitando la duplicación de inversiones en recursos y logrando así un salto en la eficiencia general del sistema de recursos urbanos.

1.2.3 La Transformación de la Vía de Desarrollo Urbano y la Nueva Civilización Urbana

La optimización de la eficiencia de los recursos urbanos impulsada por los recursos de datos está impulsando a la civilización urbana humana desde la era de la electricidad basada en la electricidad hacia la era de inteligencia centrada en la capacidad de cálculo. Cuando la “Ley de Bits en Línea” se realice sistémicamente a través de la infraestructura digital urbana, el flujo de recursos en la ciudad —cada centímetro de tierra, cada kilovatio-hora de electricidad y cada gota de agua— será percibido, medido y optimizado a través de los datos. Esta transformación se manifiesta concretamente en tres grandes avances en el modelo de gobernanza, el modelo de servicio y el modelo de desarrollo^[43].

Primero, un gran avance en el modelo de gobernanza urbana: de la decisión empírica a la basada en datos. La gobernanza urbana está

experimentando una profunda transformación de “pedir mano de obra a los datos, pedir capacidad de servicio a los datos”, pasando de la respuesta pasiva a la predicción activa, y de la gestión extensiva a la implementación precisa de políticas.

Segundo, un gran avance en el modelo de servicio urbano: de la oferta extensiva al emparejamiento preciso. Los datos comienzan a proporcionar un valor más directo a la sociedad, resolviendo problemas de desarrollo urbano que hoy no pueden resolverse solo con el cerebro humano. Cuando los servicios públicos urbanos se convierten en una garantía básica como la electricidad, y se logra el máximo beneficio social con el mínimo consumo de recursos, el ahorro de recursos y la mejora del bienestar de la población ya no son un juego de suma cero, sino un nuevo paradigma de progreso sinérgico.

Tercero, un gran avance en el modelo de desarrollo urbano: del consumo de recursos al impulso de la capacidad de cálculo. Los recursos de datos urbanos abiertos pueden compararse al “petróleo y los materiales semiconductores de la nueva era”, siendo el elemento central que impulsa la mejora industrial y el desarrollo innovador de las ciudades. La economía digital muestra una característica distintiva: el nivel de desarrollo económico urbano se equilibra cada vez más con su consumo eléctrico, pero se vincula cada vez más estrechamente con su consumo de capacidad de cálculo. Esto marca el reemplazo gradual de la antigua economía del petróleo por una nueva economía computacional, abriendo un camino completamente nuevo para el desarrollo urbano sostenible.

Las ciudades necesitan planificar los recursos de datos como planifican los recursos de tierra, prestar tanta atención al procesamiento de datos urbanos como a la gestión de residuos, y planificar el suministro de poder de cómputo como planifican el suministro eléctrico. Cuando estas transformaciones se implementen realmente, las ciudades completarán el salto de civilización



de la “era de la electricidad” a la “era de la capacidad de cálculo”, donde el crecimiento económico ya no se basará en un alto consumo de recursos^[43]. Esta idea ya ha ganado consenso mundial. La iniciativa “Ciudades Eficientes en Recursos” (Resource Efficient Cities)^[47] propuesta por el Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente aboga sistemáticamente por que las ciudades desvinculen el crecimiento económico del consumo de recursos, minimizando el consumo de recursos y las emisiones contaminantes por unidad de PIB.

Por supuesto, la transformación urbana hacia el ahorro de recursos no es solo una cuestión técnica, sino que también implica cambios en el comportamiento social y los estilos de vida. La alta densidad de población y la rápida circulación de información en las ciudades las convierten en un campo de pruebas pionero para estilos de vida sostenibles. Las prácticas como la movilidad ecológica, la economía colaborativa, las comunidades bajas en carbono y los hogares eficientes energéticamente a menudo se promueven primero en las ciudades y se convierten en consenso social a través de la educación pública y la participación comunitaria. El aumento de la participación ciudadana no solo impulsa la “ecologización” del mercado, sino que también proporciona retroalimentación para la implementación de políticas, logrando una doble optimización del ahorro de recursos y la cultura social. Pero estas transformaciones no pueden separarse del soporte de la infraestructura urbana. En la “era de la capacidad de cálculo”, cuando los recursos de datos se convierten en un nuevo recurso de desarrollo urbano, y a través de los datos se mejora enormemente la eficiencia en el uso de los recursos urbanos existentes, logrando un efecto equivalente al aumento de los recursos naturales, la civilización urbana humana avanzará verdaderamente hacia un futuro de desarrollo sostenible que ahorra recursos, es respetuoso con el medio ambiente y económicamente próspero. En este sentido, la nueva infraestructura digital, al igual

que las carreteras en la época romana y las redes eléctricas en la “era de la electricidad”, sentará las bases para el desarrollo urbano sostenible aportado por los recursos de datos^[48].

1.3 El Cerebro Urbano y el Desarrollo Urbano Sostenible

1.3.1 De la Electrificación a la Digitalización

A principios del siglo XX, el mundo experimentó un cambio estructural profundo y completo en poco tiempo debido a una tecnología fundamental que la Academia Nacional de Ingeniería de EE. UU. calificó como “el mayor logro de ingeniería del siglo XX”: la electrificación. La electrificación no es solo una obra de ingeniería clave, sino la “tecnología base” de toda la civilización moderna. Las comunicaciones, la informática, el transporte, la fabricación, la medicina y casi todos los sistemas tecnológicos y formas industriales modernas se construyeron sobre la finalización de la electrificación (Figura 1-11). Por esta razón, la electrificación moldeó en gran medida la dirección y el ritmo del desarrollo nacional en el siglo XX, reconstruyendo los métodos de producción, organización y estructuras de gobernanza de los países.

Desde esta perspectiva, la digitalización y la transformación inteligente de hoy son como la electrificación de hace cien años. Las ciudades del siglo XX fueron remodeladas por la electrificación, y las ciudades del siglo XXI probablemente serán remodeladas por la digitalización y la transformación inteligente. “IA + Ciudad” se encuentra en las coordenadas históricas de una revolución tecnológica sin precedentes en un siglo, un cambio estructural comparable a la electrificación. No solo significa una evolución tecnológica a nivel sectorial, sino que remodelará la lógica de funcionamiento de los sistemas urbanos desde sus cimientos, siendo un nuevo cambio fundamental.

1.3.2 La Cuestión de Cerebro Urbano

Problemas urbanos como la congestión del tráfico y la escasez de agua, como desafíos globales, aún no han encontrado una solución ideal. La construcción de ciudades inteligentes generó grandes expectativas, pero rápidamente cayó en dilemas de sesgo tecnológico, la falta de integralidad y la escasa sostenibilidad. En este contexto, el “Cerebro Urbano” surgió de la práctica en Hangzhou, China, representando un nuevo paradigma de desarrollo urbano que pasa de la expansión de recursos al ahorro de recursos, impulsando la optimización de los recursos urbanos a través de los recursos de datos.

En 2016, justo antes de la reunión del G20, Hangzhou decidió comenzar con el problema de la congestión del tráfico para abordar sistemáticamente los males urbanos. En ese momento, el académico de la Academia China de Ingeniería, Wang Jian, propuso por primera vez a la ciudad de Hangzhou el concepto de “Cerebro Urbano” y planteó la cuestión clave de Cerebro Urbano: “¿Se puede sostener el desarrollo sostenible y de alta calidad de una ciudad con solo el 10% de los recursos urbanos actuales?” Sostuvo que una

verdadera transformación urbana debe basarse en una visión holística que considere la ciudad como un “organismo completo”. La ciudad necesita evolucionar un “cerebro” que solo un organismo completo puede poseer. La función más importante del “cerebro” es la coordinación, el núcleo de la gobernanza eficiente; la acción de un todo orgánico es la que más ahorra recursos. Por lo tanto, el “Cerebro Urbano” es una infraestructura digital que coordina los sistemas de los diferentes departamentos para que funcionen conjuntamente de manera eficiente, en lugar de limitarse a resolver problemas locales o departamentales. Wang Jian fue nombrado “Arquitecto Jefe de Cerebro Urbano de Hangzhou”. Con el apoyo del gobierno municipal de Hangzhou, más de una docena de empresas de diversos lugares comenzaron la exploración y práctica de “Cerebro Urbano” como voluntarios, lo que en sí mismo fue una innovación de mecanismo. Se formó un equipo de trabajo conjunto entre gobierno, empresas y sociedad, tomando la construcción de escenarios de “Cerebro Urbano” como punto de partida, realizando cálculos globales en tiempo real de los datos de toda la ciudad, asignando dinámicamente los recursos públicos y, en última instancia, transformando

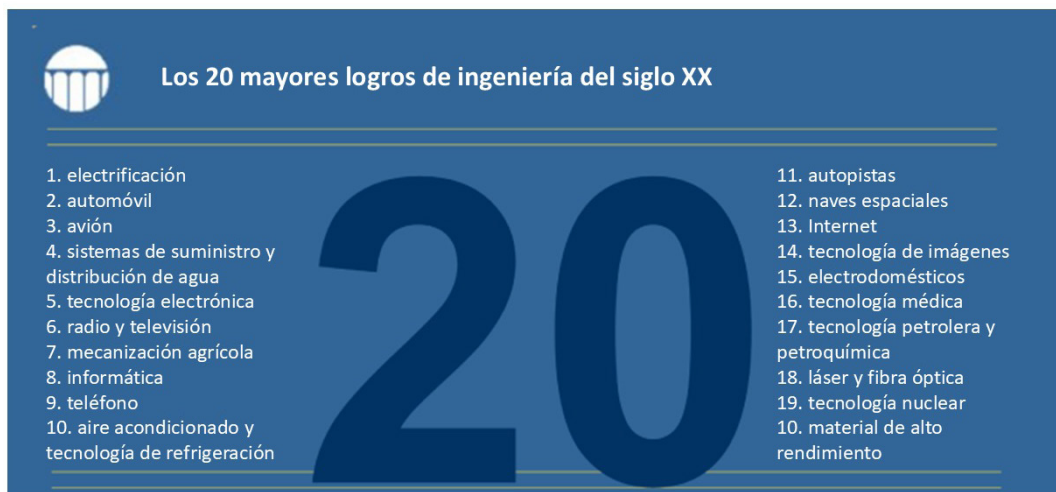


Figura 1–11: Los 20 mayores logros de ingeniería del siglo XX seleccionados por la Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos

Fuente: Academia Nacional de Ingeniería de Estados Unidos

los datos en el recurso más importante para la gobernanza y el desarrollo urbano^[49].

El surgimiento de “Cerebro Urbano” se debe en gran medida a una reflexión sobre los problemas en la construcción de ciudades inteligentes, con el objetivo de resolver el problema crónico de las ciudades inteligentes tradicionales de “soluciones fragmentadas sin visión de conjunto”. El concepto de Ciudad Inteligente (Smart City) surgió a principios del siglo XXI con el avance de las Tecnologías de la Información y la Comunicación (TIC)^[50]. La primera etapa, “Ciudad Inteligente 1,0”, estaba impulsada principalmente por la tecnología, con grandes empresas liderando el despliegue de sensores y redes a nivel de infraestructura para la recopilación de datos y la gestión básica de la información, pero a menudo descuidando las necesidades de los ciudadanos y la colaboración entre los diferentes actores urbanos^[51]. A principios del siglo XXI, algunos países planificaron la construcción de “ciudades digitales”, optimizando las señales de tráfico y la programación energética a través de sistemas de control central (como Songdo en Corea del Sur, Masdar City en Abu Dabi). Alrededor de 2010, la etapa “Ciudad Inteligente 2,0” puso mayor énfasis en la participación ciudadana y la apertura de datos, y muchas ciudades tradicionales iniciaron proyectos de transformación inteligente. Sin embargo, las ciudades inteligentes tradicionales han mostrado múltiples limitaciones en la práctica^[52].

(1) La orientación tecnológica y la desconexión humana. Los proyectos a menudo estaban dominados por empresas tecnológicas, centrándose excesivamente en las redes de sensores y la recopilación de datos en sí misma, persiguiendo únicamente la cuantificación y la algoritmización de las actividades urbanas, en lugar de centrarse en las necesidades y experiencias reales de los ciudadanos. Esto resultó en aplicaciones poco prácticas que obstaculizaron la mejora de la calidad de vida.

(2) La falta de integralidad e inclusión. La

mayoría de las aplicaciones inteligentes servían principalmente a grupos específicos o áreas concretas. Los grupos urbanos vulnerables quedaron marginados debido a la brecha digital y no disfrutaron de las ventajas. La mayoría de los proyectos se concentraron en ciudades desarrolladas y nuevos desarrollos urbanos, con una implementación escasa en áreas menos desarrolladas y cascos antiguos, sin lograr plenamente la inclusión social.

(3) La alta inversión y la baja sostenibilidad. La construcción inicial de ciudades inteligentes, centrada en la tecnología, dependía de redes de sensores a gran escala, la infraestructura de TI y los sistemas de gestión centralizados, enfatizando la mejora de la eficiencia local. Sin embargo, este modelo presentaba problemas de los altos costos, las graves duplicaciones de inversión y el uso ineficiente de recursos, contribuyendo de manera limitada al desarrollo sostenible^{[53][54]}.

Los problemas tienen su raíz en que, en primer lugar, las ciudades inteligentes tradicionales carecen de una comprensión precisa de la naturaleza y función de la “ciudad” como espacio de vida y desarrollo humano, abordándola a menudo desde una mentalidad de ingeniería como un dispositivo físico y un objeto de aplicación de tecnología digital; en segundo lugar, hay una falta de comprensión de la ciudad como un todo, o como un sistema, sin pensar en el desarrollo sostenible de la ciudad desde la perspectiva del ahorro y la eficiencia de los recursos. En el pasado, se creía generalmente que para resolver la congestión urbana solo se podía hablar en términos del “parque automotor”, cuando en realidad lo que se necesita saber es el “volumen de vehículos en circulación”. El “parque automotor” se refiere al número total de vehículos registrados oficialmente en la ciudad, un concepto de stock estático; el “volumen de vehículos en circulación” se refiere al número de vehículos que realmente circulan por la red de carreteras en un momento específico, un concepto de flujo dinámico. En

cuanto a su naturaleza central, el primero se basa en la cantidad total estática (cuántos coches hay), mientras que el segundo se centra en la dinámica en tiempo real (cuántos coches están circulando). En cuanto a la fuente de datos, el primero proviene de la información de registro de los departamentos de gestión de vehículos, el segundo de los datos en tiempo real de los sistemas de percepción urbana (cámaras, sensores magnéticos, GPS, etc.). El primero se centra en la escala de activos de vehículos que posee la ciudad, el segundo en el estado y la eficiencia instantáneos de la operación de los vehículos. El Cerebro Urbano de Hangzhou contó por primera vez el volumen de vehículos en circulación en la ciudad. Cuando el parque automotor de Hangzhou era de unos 3 millones de vehículos, el Cerebro Urbano, tras determinar el volumen en circulación, descubrió con sorpresa que incluso en las horas punta, el volumen en circulación era solo de 300000 vehículos, es decir, solo el 10%. Los recursos urbanos necesarios para gestionar 300000 vehículos son completamente diferentes a los necesarios para 3 millones^[49]. Posteriormente, durante la construcción del Cerebro Urbano en varias ciudades, se ha observado repetidamente que la proporción del volumen de vehículos en circulación respecto al parque automotor es solo del 10% (Figura 1-12). Estos datos contrastantes cuestionan el desperdicio y la ineficiencia sistémica causados por el método tradicional de asignación extensiva de recursos, y continúan destacando el valor de la profunda reflexión

suscitada por la “cuestión del Cerebro Urbano”.

Desde su inicio en Hangzhou en 2016, la práctica del Cerebro Urbano se ha extendido inesperadamente a ciudades grandes y pequeñas de toda China, redefiniendo la lógica del desarrollo y el funcionamiento urbano, resolviendo el dilema del desarrollo por consumo excesivo de recursos urbanos y promoviendo sistemáticamente el desarrollo sostenible mediante la asignación optimizada de los recursos urbanos en su conjunto^{[55][56]}. Refleja cuatro conceptos fundamentales:

(1) Centrándose en las personas: Los escenarios del Cerebro Urbano se centran plenamente en las necesidades de los residentes, con el objetivo principal de mejorar el bienestar y la comodidad de la vida cotidiana. Por ejemplo, el Cerebro Urbano de Hangzhou mejoró la eficiencia de la respuesta médica de emergencia al dar prioridad de paso a las ambulancias, y facilitó los desplazamientos de los ciudadanos con el primer sistema de estacionamiento sin barreras a nivel de ciudad de China que permite “salir primero y pagar después”^[57].

(2) Con la visión holística: El Cerebro Urbano hereda y profundiza el concepto de visión sistémica holística, enfatizando la transición de la optimización local a la optimización a nivel de sistema, dotando a la ciudad por primera vez de la capacidad de optimizar la asignación de recursos como un todo orgánico.

	Vehículos registrados reales (Millones)	Volumen de vehículos en circulación en hora punta	Longitud total de la red viaria (km)	Intersecciones (Semáforos)	Nº total de tramos viales
Ciudad A	3	30	3057	3819(2864)	5462
Ciudad B	1,18	12	1289	2067(1004)	3041

Figura 1–12: En 2020, el volumen máximo de vehículos en circulación en dos ciudades representativas de China representó solo el 10 % del parque automotor real

Fuente: Elaboración propia del autor

(3) Con la alta eficiencia de recursos: La cuestión del Cerebro Urbano es, en esencia, una cuestión de recursos. El primer requisito para construir una sociedad eficiente en recursos es establecer un sistema cognitivo preciso del flujo de recursos^[58]. El “Cerebro Urbano” precisamente utiliza la menor cantidad de recursos para mejorar la eficiencia operativa, ahorrando recursos a través del cálculo, por ejemplo, reduciendo el consumo innecesario en la red de suministro de agua, ahorrando recursos hídricos^[59]; o reduciendo la congestión del tráfico incluso sin necesidad de “restricciones de circulación”, como en el escenario de “ciudad sin restricciones” de Nanchang, que mejoró enormemente la experiencia de viaje de los ciudadanos sin añadir nuevos recursos viales^[60].

(4) Con el desarrollo sostenible: El Cerebro Urbano mejora la eficiencia en el uso de los recursos mediante la reutilización de datos y la regulación inteligente. La clave es que la ciudad pueda mejorar la eficiencia funcional sin aumentar la inversión en recursos físicos. La insostenibilidad de los recursos hace que las ciudades sean insostenibles. Para alcanzar los objetivos de “doble carbono” y lograr un desarrollo urbano sostenible con alta eficiencia de recursos, el “Cerebro Urbano” puede ser uno de los caminos necesarios.

1.3.3 La Inteligencia Urbana: un Cambio de Paradigma en el Desarrollo Urbano

De la digitalización a la transformación inteligente, la inteligencia artificial está cambiando nuestro mundo. La digitalización es la base, acumulando los elementos de datos; la inteligencia es la etapa avanzada, liberando el valor de los datos a través de la computación y la tecnología de IA. La inteligencia artificial no es solo una revolución de herramientas, sino también una herramienta para la revolución científica^[61]. Con el mecanismo clave de “IA +”, toda la lógica del desarrollo ha cambiado drásticamente. La ciudad es un excelente ejemplo:

según sus propias leyes de desarrollo, utiliza la tecnología de IA para evolucionar y formar una Inteligencia Urbana (City Intelligence). La ciudad, como un todo, tiene su propio mecanismo de funcionamiento, y no se trata simplemente de imponer las ideas subjetivas humanas a una ciudad^[62]. Es decir, la inteligencia urbana no es la realización técnica de la inteligencia humana en la ciudad, sino un sistema orgánico con la sabiduría propia, cambiando así los cimientos lógicos del desarrollo urbano.

El Cerebro Urbano es una infraestructura modernizada que refleja la capacidad de gobernanza en el sentido del sistema de gobernanza urbana, y la inteligencia urbana es su soporte técnico. La inteligencia urbana integra profundamente los datos, los modelos y la capacidad de cálculo, con la capacidad de percepción global de la ciudad, el análisis en tiempo real y la toma de decisiones holística. Reconfigurará la base de recursos, la lógica de gobernanza y los objetivos de desarrollo de la ciudad, cambiando sistemáticamente el paradigma de desarrollo urbano para lograr el objetivo de ciudades eficientes en recursos. Su núcleo se manifiesta en tres grandes transiciones: la fuerza motriz pasa de depender de la tierra y la energía a depender de los datos y la capacidad de cálculo, haciendo que el funcionamiento urbano sea mensurable y optimizable; la metodología de gobernanza pasa de la “aplicación tecnológica” fragmentada por departamentos a la inteligencia colaborativa de la “ciudad como un todo”, logrando una asignación sistémica de recursos; y el objetivo de valor pasa de buscar la expansión de escala a buscar la optimización de recursos y el bienestar humano, avanzando hacia una civilización digital basada en la confianza y la eficiencia dentro de las estrictas limitaciones de los recursos urbanos, una forma urbana completamente nueva.

De la “expansión” de recursos del pasado a la “revolución de la eficiencia” de recursos, el mecanismo operativo de la inteligencia urbana consiste en “sustituir el nuevo consumo de recursos naturales por la mejora de la eficiencia

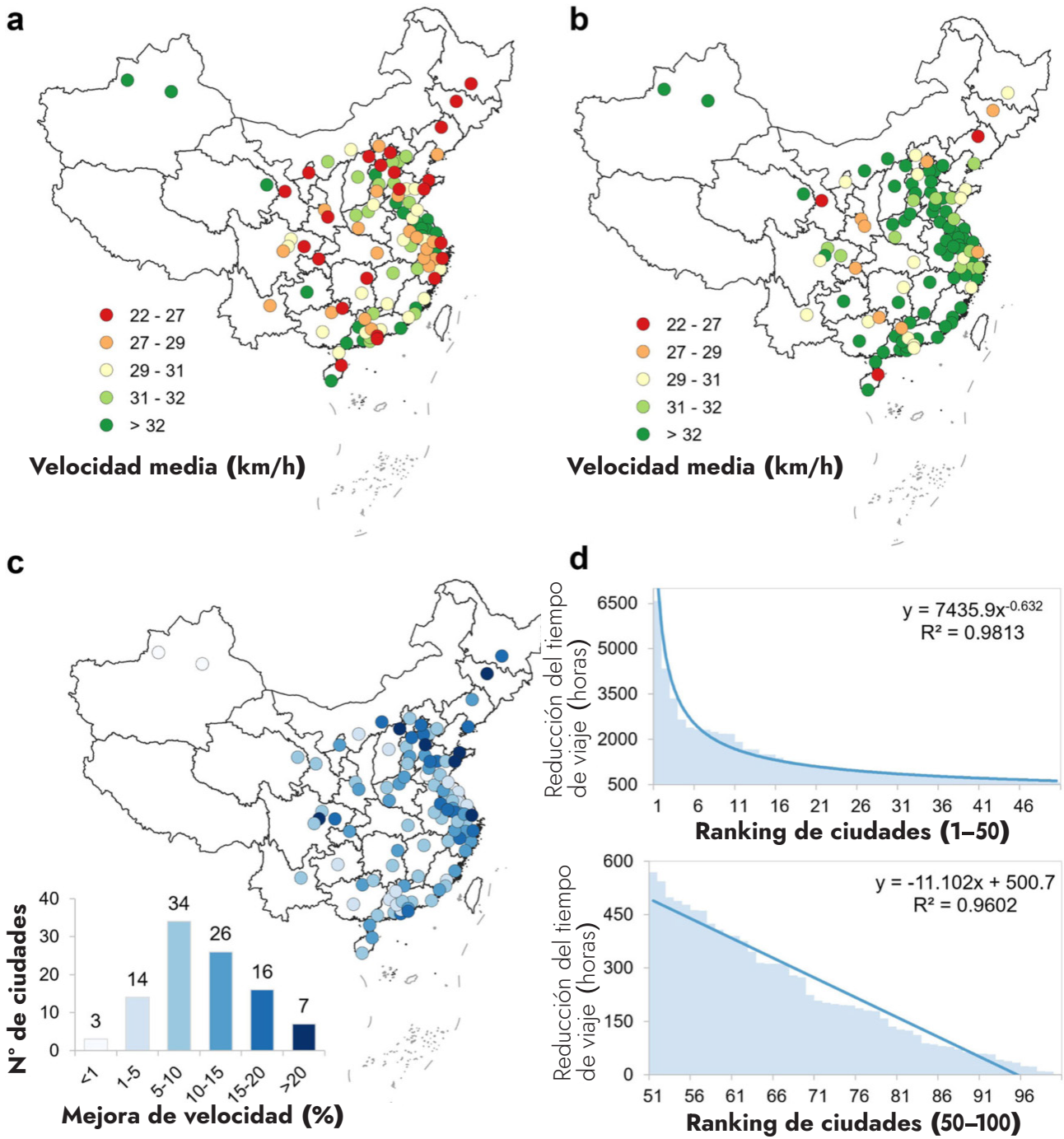


Figura 1-13: La optimización inteligente del control de semáforos urbanos puede mitigar significativamente la congestión y reducir las emisiones de carbono del tráfico

Fuente: Elaboración propia del autor



aportada por los datos”, logrando una mejora sistémica de la calidad y la eficiencia^[63]. La “Gestión Unificada con Una Sola Red” de Shanghai y el Cerebro Urbano de Hangzhou mejoran significativamente la eficiencia en la asignación de servicios públicos mediante la integración de datos y la colaboración entre departamentos. La apertura de datos de tráfico de París^[64], la plataforma de datos abiertos de Nueva York y el proyecto Green Light de Seattle^[65] utilizan datos y tecnología de IA para optimizar el funcionamiento urbano. El proyecto de Seattle utiliza IA para analizar datos de tráfico, con el potencial de reducir las paradas en aproximadamente un 30% y las emisiones de CO₂ en aproximadamente un 10%, convirtiendo directamente el conocimiento de los datos en ahorro de combustible y costos de tiempo social^[65]. Un estudio publicado en Nature Communications muestra que los sistemas inteligentes de control de señales de tráfico basados en datos redujeron el tiempo de viaje en horas pico en un 11% en las 100 ciudades más congestionadas de China, con un beneficio social de hasta 31,73 millones de toneladas de reducción de emisiones de carbono al año^[66].

Las estrategias de las organizaciones internacionales globales también confirman esta tendencia. Por ejemplo, el enfoque estratégico del Grupo de Observación de la Tierra (GEO) ha pasado de la Observación de la Tierra (Earth Observation) a la Inteligencia de la Tierra (Earth Intelligence)^[67], con el objetivo de transformar datos ambientales globales de alta precisión en inteligencia procesable para apoyar la adaptación climática urbana y las decisiones de inversión sostenible. El Servicio Global de Resiliencia al Calor (GHR) de GEO se centra especialmente en proporcionar soluciones inteligentes ejecutables a ciudades de ingresos bajos y medios que carecen de datos locales fiables^[68]. El Grupo de Liderazgo Climático C40 utiliza datos en tiempo real para guiar las prácticas de reducción de emisiones y resiliencia urbana^[69]. Estas transiciones estratégicas convergen en lo esencial con el concepto de inteligencia urbana del Cerebro

Urbano.

La visión de la “cuestión del Cerebro Urbano” simboliza la reconstrucción del paradigma de gobernanza urbana, pasando de depender de la experiencia vaga y las estimaciones agregadas a basarse en datos precisos. Su objetivo final es coherente con la búsqueda fundamental de la civilización humana. “Centrarse en las personas y el empoderamiento digital es el código del Cerebro Urbano hacia una ciudad feliz”^[70]. Esto significa que la tecnología debe servir para mejorar el bienestar humano y la equidad social. Esta idea se extiende a la visión de prosperidad común, es decir, construir una estructura social razonable y sostenible en torno al desarrollo de las capacidades humanas a lo largo de la vida. La perspectiva del Cerebro Urbano de que “la ciudad podría necesitar solo el 10% de los recursos originales para satisfacer sus necesidades” es la expresión técnica de este objetivo. Describe una visión de futuro sostenible en la que, a través de la “inteligencia urbana”, el consumo material se reduce drásticamente mientras que el bienestar humano y la prosperidad de la civilización continúan aumentando.



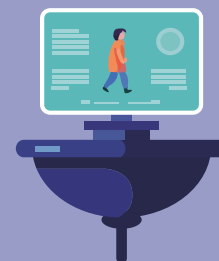


El Cerebro Urbano: "Inteligencia Urbana" e "IA + Ciudad"



Capítulo 2 El Cerebro Urbano: “Inteligencia Urbana” e “IA + Ciudad”

02



La urbanización en China, si bien ha creado un milagro de crecimiento, también enfrenta desafíos severos de consumo de recursos e ineficiencia sistémica. Bajo la guía estratégica de que “la construcción de una sociedad ahorradora de recursos es una revolución social”, la iniciativa “IA + Ciudad”, impulsada desde una visión holística de la urbe, está conduciendo a China hacia la “Inteligencia Urbana”. La exploración de soluciones de inteligencia urbana a través del concepto y sistema del “Cerebro Urbano” se ha convertido en una palanca clave para promover el desarrollo urbano sostenible.

La realización de la inteligencia urbana depende de una arquitectura técnica colaborativa cuyo núcleo es la triada integrada de datos, modelos y capacidad de cálculo. Los datos son el recurso central, los modelos son el motor inteligente y la capacidad de cálculo es la garantía fundamental. El motor de inteligencia urbana desplegado para la gobernanza de la ciudad integra modelos de percepción física, modelos de percepción social, modelos de simulación dinámica y modelos de conocimiento urbano en un modelo fundacional urbano, dotándolo de capacidades cognitivas y de razonamiento generales aplicables a múltiples escenarios. En 2025, Hangzhou se ha consolidado como el impulsor ideológico y práctico más importante del código abierto en modelos fundacionales de la IA. En la conformación de la inteligencia urbana, abrir datos, modelos y capacidad de cálculo equivale a abrir recursos de innovación para el desarrollo urbano, constituyendo un mecanismo de innovación crucial para el desarrollo coordinado entre ciudades.

La práctica de “IA + Ciudad”, representada por el Cerebro Urbano, se ha expandido gradualmente del ámbito del tráfico a múltiples campos como el medio ambiente ecológico, la gestión energética, la atención médica y la educación, formando una práctica a escala urbana integral. Se presenta a través de escenarios representativos del Cerebro Urbano como “Un solo aparcamiento para toda la ciudad”, “Qinjing en Línea”, “Disfrute una hora más de ocio” y “Cerebro de Campus”, logrando una cobertura más profunda que va de la aplicación al escenario, y del escenario a un panorama completo. Este proceso ha gestado un profundo cambio de paradigma en la gobernanza: en lo cognitivo, se transita de la experiencia empírica difusa a la toma de decisiones científica basada en datos; en la metodología, se derriban barreras departamentales practicando una visión holística de “la ciudad como organismo vivo”; y en cuanto al valor, se retorna de un enfoque de control tecnológico a la esencia del servicio “centrado en las personas”. Su significado último reside en la reconstrucción de la confianza, avanzando hacia una nueva civilización urbana mediante la transformación inteligente.

2.1 Los Desafíos del Desarrollo Urbano Sostenible en China

2.1.1 Los Cuellos de Botella de Recursos bajo la Urbanización Acelerada

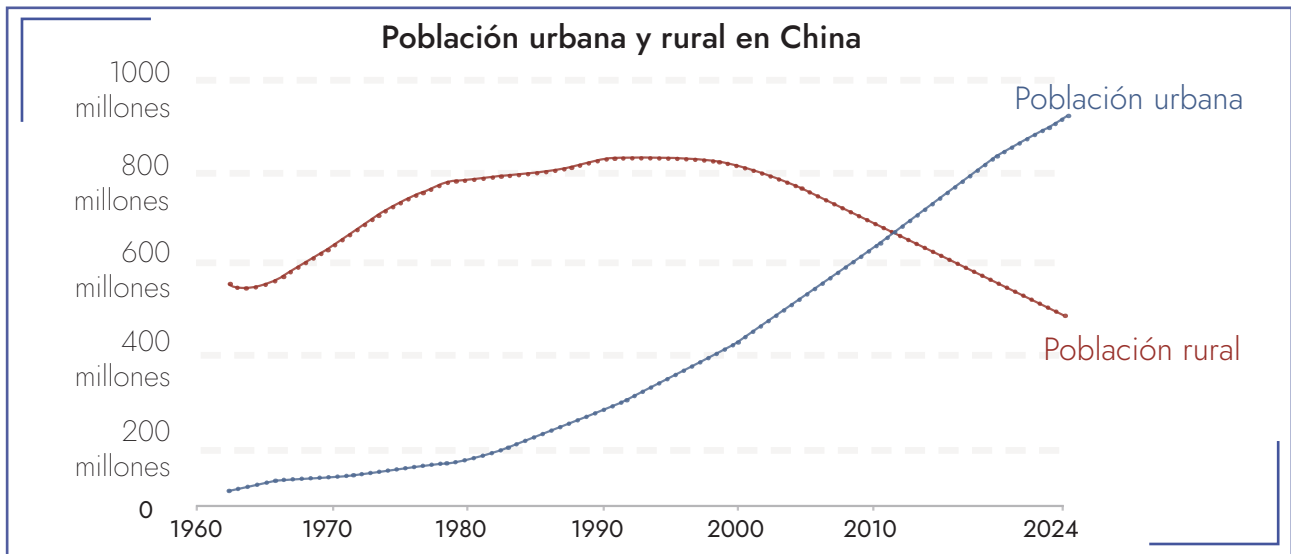


Figura 2-1: Evolución de la población urbana y rural en China

Fuente: Sitio web "Our World in Data"

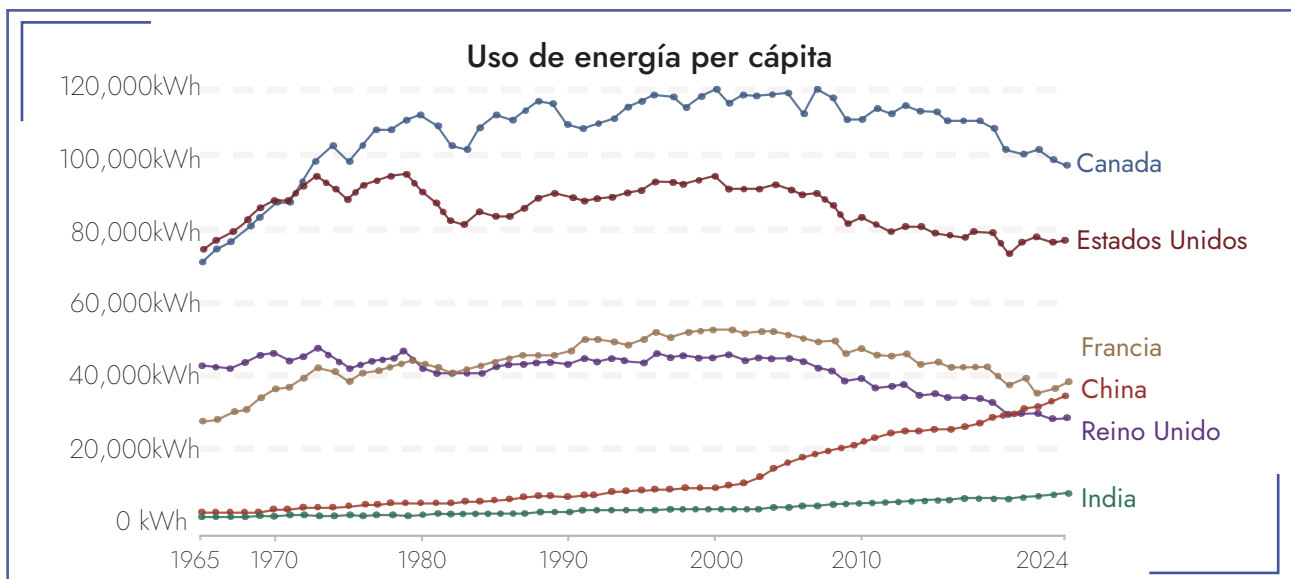


Figura 2-2: Comparación del uso de energía per cápita entre China, Canadá, Estados Unidos y otros países

Fuente: Sitio web "Our World in Data"

En las últimas décadas, el proceso de urbanización en China ha avanzado a pasos agigantados, con una rápida expansión de la población y el tamaño de las ciudades (Figura 2-1). Las proyecciones de urbanización del Departamento de Asuntos Económicos y Sociales de la ONU indican que se estima que China añadirá aproxi-

madamente 255 millones de nuevos residentes urbanos entre 2018 y 2050 (el segundo mayor incremento a nivel mundial, solo superado por la India)^[71]. Las estadísticas anuales de la Oficina Nacional de Estadística de China también muestran que a finales de 2024 la población residente permanente en áreas urbanas alcanzó



los 944 millones, lo que implica que la demanda absoluta de recursos seguirá creciendo significativamente^[72].

Las estadísticas de "Our World in Data" muestran que, aunque el consumo de energía per cápita en China es inferior al de los principales países desarrollados, la brecha se está reduciendo rápidamente (Figura 2-2)^[73]. Si las principales ciudades chinas continúan acercándose al nivel de vida de los países desarrollados (en aspectos como la tasa de propiedad de vehículos privados, el uso de aire acondicionado y la popularización de electrodomésticos) se ejercerá una enorme presión sobre el uso del terreno, la energía y las infraestructuras de transporte.

En China, la ineficiencia sistémica de la infraestructura se manifiesta de manera más prominente que el promedio mundial en varios sectores clave: el nivel de Agua No Facturada (ANF) en los sistemas de suministro de agua urbano es un indicador importante de la eficiencia de la

gestión. Los informes del Banco Mundial señalan que el ANF en algunas ciudades chinas se sitúa en un nivel medio en comparación con países en desarrollo, con millones de metros cúbicos de agua desperdiciados diariamente debido a fugas en las tuberías o a una facturación inadecuada, lo que representa un significativo desperdicio de recursos hídricos y una gestión ineficiente. En contraste, los niveles de ANF en las principales ciudades europeas y Japón son significativamente más bajos que en las ciudades de países en desarrollo, lo que demuestra un mayor nivel en la gestión de redes, el control de fugas y la modernización de infraestructuras^[74].

En cuanto al transporte, tras la entrada del nuevo siglo, los vehículos privados comenzaron a incorporarse masivamente a los hogares chinos, saturando las vías urbanas y convirtiendo la gestión de la congestión en un tema de debate nacional. A pesar de la continua expansión de la infraestructura, la expansión extensiva ha generado nuevos problemas: la expan-

Las 20 ciudades con mayor demora en parada en intersecciones semaforizadas durante las horas punta

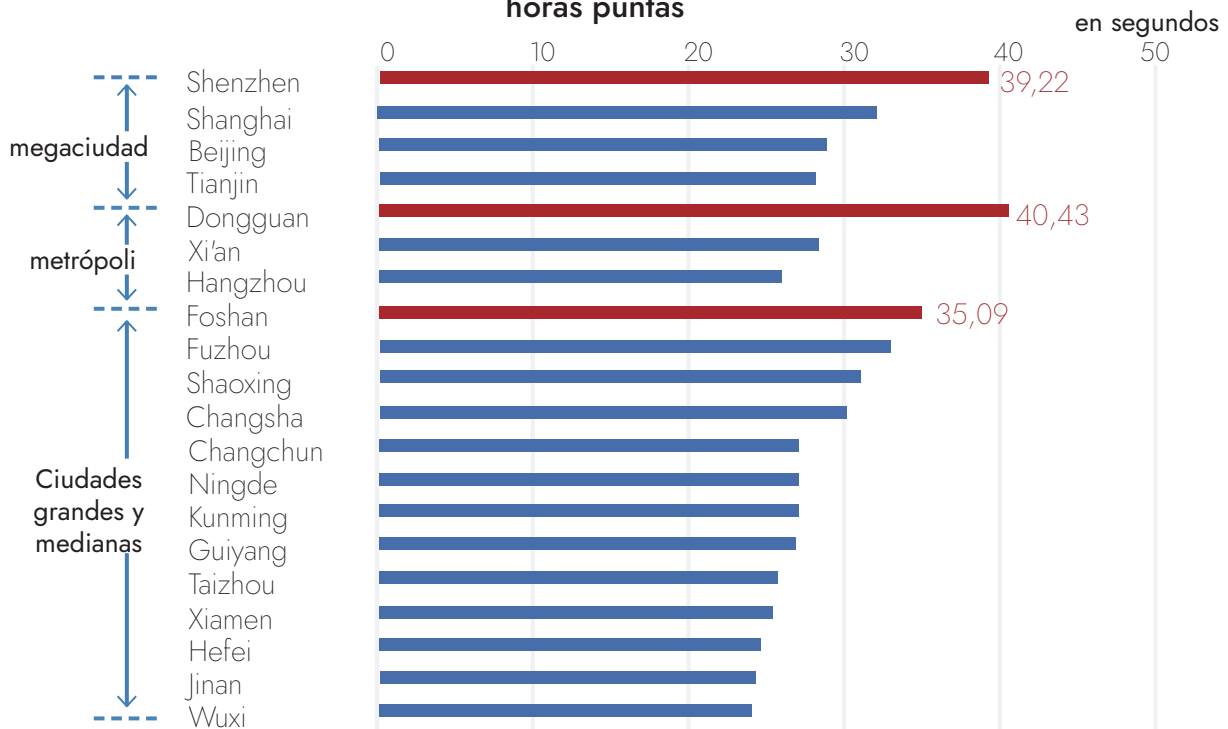


Figura 2-3: Tiempo medio de demora en parada en intersecciones semaforizadas durante las horas punta de la mañana y la tarde en las principales ciudades del país en 2024

Fuente: Informe sobre la eficiencia de las intersecciones viales urbanas en China

sión urbana excesiva invade tierras de cultivo, comprime el espacio ecológico y adelgaza los cinturones verdes periurbanos, agravando aún más las contradicciones entre los recursos y el medio ambiente. Muchas grandes ciudades se han visto obligadas a implementar medidas como la restricción vehicular por número de matrícula y sorteos para la compra de vehículos, con el fin de aliviar la presión vial en horas punta y reducir las emisiones contaminantes. A finales de septiembre de 2025, el parque automotor nacional alcanzó los 465 millones de vehículos. A pesar de la proliferación de políticas de restricción, el número total de automóviles sigue aumentando y la congestión persiste de forma recurrente^[75]. El *Informe sobre la eficiencia de las intersecciones viales urbanas en China*, publicado en 2024, señala (Figura 2-3) que, en ciudades con alta demora y alto valor del tiempo (como Beijing y Shanghai), una sola intersección congestionada puede generar pérdidas económicas por demora de 1277 yuanes por hora por cada mil vehículos durante la hora punta, alcanzando una acumulación anual de más de 1,27 millones de yuanes^[76].

La urbanización en China amplifica la demanda de recursos; la mejora del consumo per cápita y los estilos de vida aumentan la intensidad de recursos por unidad de población; y en el lado de la oferta y la gobernanza, las ineficiencias sistémicas como las fugas en las redes de suministro de agua, la congestión del tráfico y las pérdidas en la transmisión y distribución de electricidad impiden la asignación y utilización óptimas de los recursos limitados. Bajo el antiguo modelo de desarrollo extensivo, muchas ciudades intercambiaron el crecimiento por un alto consumo de recursos, lo que generó una enorme presión sobre el entorno ecológico. Numerosos informes nacionales e internacionales coinciden en que, si no se modifica este modelo de desarrollo ineficiente en el uso de recursos, la presión sobre los mismos derivada de la urbanización china se convertirá en un cuello de botella sistémico a largo plazo.

2.1.2 La Transformación Urbana bajo las Restricciones de Recursos

El modelo de desarrollo urbano en China está experimentando una profunda transformación, cuyo núcleo es el paso de una expansión basada en el consumo de recursos a una búsqueda de crecimiento intensivo y ahorrador de recursos. El artículo *Construir una sociedad ahorradora de recursos* es una revolución social en *Zhi Jiang Xin Yu* revela la eterna contradicción entre la búsqueda humana de desarrollo y la oferta limitada de recursos del planeta, enfatizando que “construir una sociedad ahorradora de recursos es una revolución social relacionada con la coexistencia armoniosa entre el hombre y la naturaleza” (Figura 2-4)^[77]. Esta reflexión prospectiva sobre el camino de modernización de China nos guía en la exploración de una vía de desarrollo moderno y sostenible.

Frente a las severas restricciones de recursos, el marco de políticas a nivel nacional ha respondido en consecuencia (Figura 2-5). Un hito clave fue el XI Plan Quinquenal (2006-2010), que por primera vez incluyó la construcción de una “sociedad ahorradora de recursos y respetuosa con el medio ambiente” en sus directrices generales, estableciendo objetivos vinculantes como la reducción del consumo energético por unidad de PIB en un 20%. A partir de entonces, el ahorro de recursos se convirtió, mediante legislación y políticas, en una restricción básica para el desarrollo urbano^[78]. En el XIV Plan Quinquenal y la estrategia de nueva urbanización, se definen claramente los objetivos de construir una sociedad de este tipo, buscando lograr un desarrollo verde y sostenible a través de métodos de baja inversión, alto rendimiento, bajo consumo y menores emisiones.

A nivel urbano, el desarrollo intensivo está pasando de la planificación a la realidad. El *Plan de Implementación de la Nueva Urbanización del XIV Plan Quinquenal* de la Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma propone controlar el nuevo terreno para construcción



Construir una sociedad ahorradora de recursos es una revolución social

(el 23 de febrero de 2005)

Construir una sociedad ahorradora de recursos es una revolución social que atañe a la coexistencia armoniosa entre el ser humano y la naturaleza. La demanda humana del desarrollo y la oferta limitada de recursos del planeta constituyen una contradicción eterna. El antiguo adagio que reza ‘el cielo da los frutos en su estación, la tierra produce los bienes con límite, y el deseo humano es infinito’ refleja, en cierto sentido, esta contradicción. Durante los períodos en que las fuerzas productivas eran precarias y la vida material, pobre, la sociedad humana perduró durante milenios, ya que no causaba grandes daños al ecosistema. En cambio, desde el inicio de la civilización industrial hasta hoy, apenas poco más de trescientos años, las colosales fuerzas productivas de la sociedad humana han creado la modernización al estilo occidental en unos pocos países desarrollados, pero ya amenazan la supervivencia de la humanidad y la continuidad de la vida en la Tierra. La civilización industrial occidental se ha edificado sobre la base de la riqueza de unos pocos y la pobreza de la mayoría; si la mayoría pretendiera vivir como esa minoría rica, la civilización humana se derrumbaría. La modernización al estilo occidental que persigue el mundo actual es irrealizable, constituye una trampa para la humanidad. Por consiguiente, es imperativo explorar, bajo la guía de la concepción científica del desarrollo, una vía de modernización con desarrollo sostenible. Para Zhejiang, una provincia que es a la vez pequeña en los recursos y grande en la economía, construir una sociedad ahorradora de recursos resulta aún más apremiante, y en eso precisamente radica el sentido original de nuestra construcción de una provincia ecológica.

Zhi Jiang Xin Yu

Figura 2-4: Extracto del artículo *Construir una sociedad ahorradora de recursos es una revolución social*

Fuente: Xi Jinping: *Zhi Jiang Xin Yu*, Editorial Popular de Zhejiang, edición de 2007.

dentro de los 29.5 millones de mu para 2025, impulsando a las ciudades a pasar de la expansión extensiva a la optimización del stock de los recursos existentes^[79]. Ciudades como Beijing y Shanghai han mejorado significativamente la eficiencia en la circulación de recursos mediante la renovación energética de barrios antiguos y proyectos de reciclaje de agua de lluvia y reutilización de aguas regeneradas. Múltiples localidades han incorporado la intensidad del desarrollo del terreno y el consumo energético por unidad de PIB en las evaluaciones de desarrollo de alta calidad, asegurando que el crecimiento no supere la capacidad de carga ambiental.

2.1.3 La Evolución del Cerebro Urbano

En el contexto del cuello de botella de recursos que enfrenta la urbanización y la urgente necesidad de transformar el modelo de desarrollo hacia uno más eficiente y ahorrador, la iniciativa del “Cerebro Urbano”, impulsada desde una visión holística de la ciudad, está conduciendo a China hacia la “Inteligencia Urbana”. La exploración de soluciones de inteligencia urbana a través del concepto y sistema del “Cerebro Urbano” se ha convertido en una palanca clave para promover el desarrollo urbano sostenible.

Cuando Hangzhou inició la exploración del Cerebro Urbano en 2016, ya se planteó que “los recursos de datos son el recurso determinante para el futuro desarrollo urbano” y que “el Cerebro Urbano es el proyecto clave

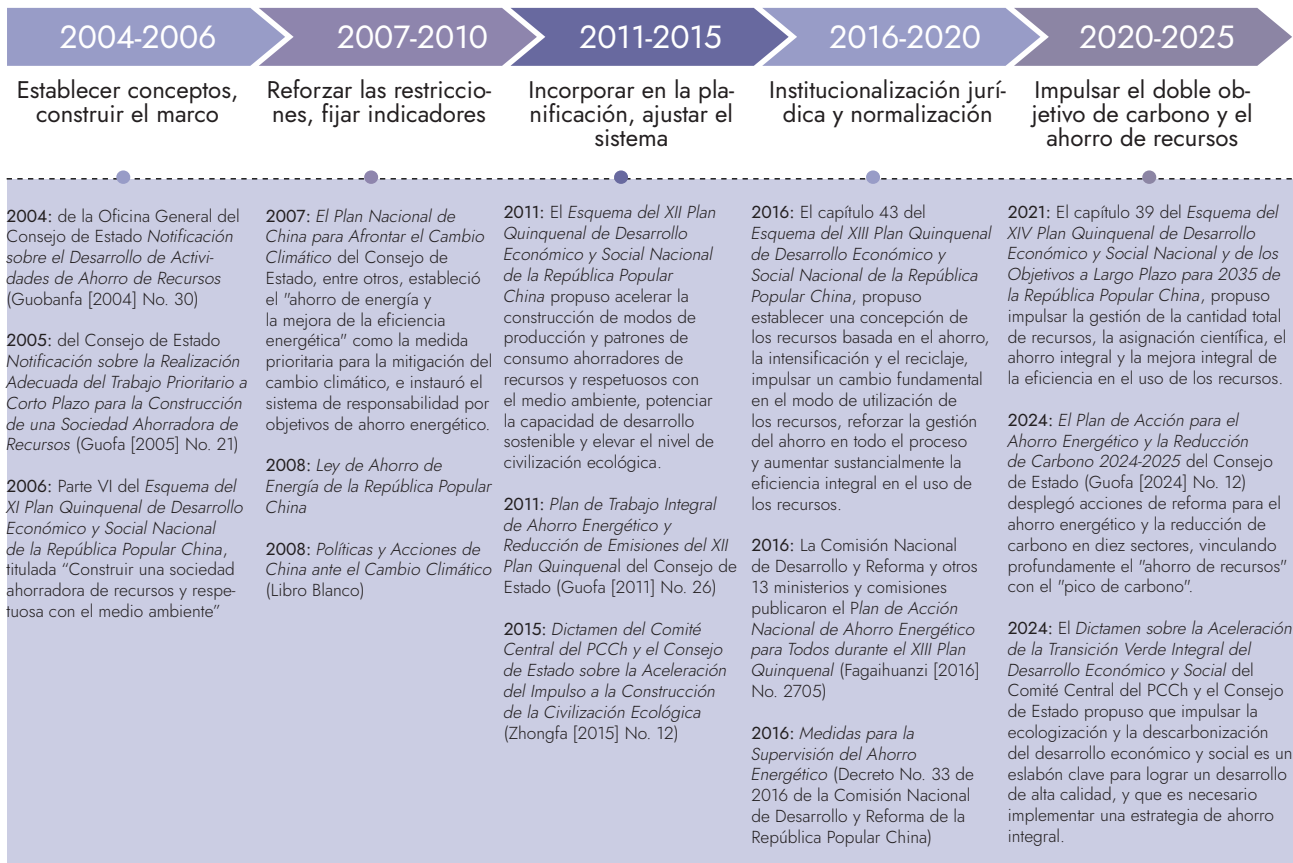


Figura 2–5: Trayectoria de la evolución de las políticas de China hacia una transición urbana ahorradora de recursos
Fuente: Elaboración propia del autor

de las tecnologías inteligentes”^[51]. El Cerebro Urbano ha validado en la práctica de escenarios concretos que impulsar el ahorro de recursos y la eficiencia en la gobernanza a través de los datos es un camino viable y efectivo. Desde la gestión del tráfico hasta la gobernanza de la ciudad, la implementación de una serie de escenarios como “Salir antes de pagar” interpreta la trayectoria evolutiva del Cerebro Urbano. En 2017, Hangzhou fue pionera a nivel nacional al establecer la “Oficina de Administración de Recursos de Datos”, el primer departamento con la denominación “recursos de datos”, responsable de la gestión de estos y la construcción del Cerebro Urbano, así como de coordinar la infraestructura digital. Ese mismo año, el Consejo de Estado publicó el *Plan de Desarrollo de la IA de Nueva Generación*, elevando la IA al nivel de la tecnología estratégica nacional y estableciendo los objetivos industriales y de aplicación para 2030. La innovación práctica

y la guía política impulsaron conjuntamente la aplicación de la IA desde la experimentación científica hacia la gobernanza urbana y los servicios públicos. En 2018, Hangzhou lanzó la versión integral del Cerebro Urbano, que de manera innovadora utilizó un “sistema central” para superar las arquitecturas tradicionales, logrando la colaboración entre departamentos y pasando de un “piloto tecnológico” a un “servicio sistematizado”, sentando las bases para la inteligencia integral de la ciudad.

La exploración práctica de Hangzhou rápidamente atrajo amplia atención y orientación estratégica. En 2018, durante una visita al Centro Integral de Gestión de Operaciones Urbanas de Pudong en Shanghai para examinar el Cerebro Urbano de Pudong de Shanghai, Xi Jinping señaló: “Una ciudad de primer nivel requiere una gobernanza de primer nivel, y se debe poner énfasis en lo científico, lo preciso y la



transformación inteligente”. En 2020, durante una inspección en el Centro de Mando Operativo del Cerebro Urbano de Hangzhou, Xi Jinping enfatizó aún más que el uso de tecnologías de vanguardia como el Big Data, la computación en la nube, el blockchain y la IA para impulsar la innovación en los medios, los modos y los conceptos de gestión urbana, desde la digitalización a la transformación inteligente y luego a la sabiduría urbana, para hacer las ciudades más inteligentes y sabias, es el camino obligado para promover la modernización del sistema y la capacidad de gobernanza urbana, y sus perspectivas son amplias^[80].

La transformación inteligente es la consecuencia inevitable de la digitalización. La digitalización ha remodelado la forma de gobernanza urbana, proporcionando un fuerte apoyo para optimizar la asignación de recursos, mejorar la eficiencia del servicio y aumentar la participación ciudadana. La transformación digital tiene un profundo impacto en la gobernanza urbana^[81].

En 2021, Shanghai adoptó la promoción integral de la transformación digital como una estrategia clave de su XIV Plan Quinquenal. En una reunión de trabajo sobre el tema, el entonces Secretario del Comité Municipal del PCCh en Shanghai, Li Qiang, enfatizó la necesidad de “considerar la ciudad como un todo”, avanzando en la transformación de manera sistémica e integral, superando los puntos de bloqueo mediante el conocimiento preciso de la situación y el refuerzo de la coordinación (Figura 2-6).

A partir de 2020, el paradigma, las tecnologías y los métodos del Cerebro Urbano se han implementado en más ciudades, de diversos tamaños y niveles de desarrollo económico dispar. Asimismo, ha obtenido una respuesta masiva de numerosas empresas chinas, incluyendo líderes del sector y empresas emergentes. Gracias al esfuerzo conjunto de ciudades y empresas, el Cerebro Urbano ha demostrado su eficacia en áreas clave que abordan directamente las limitaciones de recursos y medioambientales.

Simposio sobre el impulso a la transformación digital urbana de Shanghai

(el 25 de marzo de 2021)

Impulsar de forma integral la transformación digital urbana es una estrategia de gran envergadura definida en el Decimocuarto Plan Quinquenal de Shanghai. Para realizar bien este trabajo, es necesario respetar las leyes objetivas, conocerlas y atenerse a ellas. Hay que observar con acierto las tendencias, analizar y evaluar de manera integral las leyes de la evolución futura de la ciudad digital y, tomando en cuenta la realidad de Shanghai, desplegar sus ventajas singulares, planificar con visión de futuro y avanzar sobre bases científicas. Hay que tener un conocimiento claro de la situación, dominar con precisión el estado actual del desarrollo digital y las condiciones básicas en cada ámbito, identificar con exactitud los problemas y las debilidades que enfrenta la transformación digital, concentrar esfuerzos en superar los cuellos de botella y los puntos críticos, y dedicarse a potenciar las fortalezas y crear rasgos distintivos. Hay que reforzar la iteración y la mejora continua, y avanzar en todos los frentes, considerando la ciudad como un todo y promoviendo la transformación digital de manera más consciente, más sistémica y más integral.

Intervención de Li Qiang, entonces Secretario del Comité Municipal del PCCh de Shanghai, en el Simposio sobre el Impulso a la Transformación Digital Urbana

Figura 2-6: Extracto de la intervención en el Simposio sobre el Impulso a la Transformación Digital Urbana

Fuente: Reportaje del *Xin Min Wan Bao* del 25 de marzo de 2021



En el ámbito del transporte, ante la congestión y la pérdida de eficiencia provocadas por el aumento de vehículos, Hangzhou integró datos de múltiples fuentes como cámaras y sensores, aplicando algoritmos de IA para optimizar la regulación de semáforos y la gestión del flujo de tráfico, logrando un aumento de la eficiencia del tráfico de aproximadamente un 15% en las zonas piloto y mitigando los problemas de congestión en horas punta^[82]. En el ámbito ecológico y medioambiental, varias regiones han combinado Big Data, IoT e IA para construir sistemas inteligentes de monitorización que permiten la percepción y alarma en tiempo real de indicadores de calidad del aire como las PM_{2,5}, y ayudan a formular medidas de respuesta, mejorando significativamente la precisión y la eficiencia de la gobernanza ambiental^[83]. En el ámbito energético, las plataformas de gestión inteligente de la energía utilizan IA para predecir la carga de la red eléctrica y regular los picos y valles de la red eléctrica, optimizando así la eficiencia en el uso de la energía^[84].

2.2 La Exploración Pionera de la Inteligencia Urbana: la Ciudad sin Restricciones de Circulación

2.2.1 La Congestión del Tráfico: un Desafío Común para las Ciudades

La congestión del tráfico es una “enfermedad común” del desarrollo urbano moderno, y China la ha experimentado intensamente durante su rápida urbanización. En las últimas décadas, los residentes urbanos chinos, al tiempo que disfrutaban de la comodidad del transporte motorizado, también han sufrido los atascos. Los datos muestran que, desde los mediados de la década de noventa del siglo pasado, el número de vehículos privados en China ha crecido explosivamente. En 1995, el país contaba con más de 25 millones de vehículos; a finales de 2023, la cifra alcanzó los 435 millones, con niveles de motorización aún mayores en las grandes ciudades^[85]. Debido al aumento vertiginoso de

automóviles, en la mayoría de las ciudades el flujo vehicular se satura en horas punta y la velocidad media disminuye. A finales de los años 90, megaciudades como Beijing y Shanghai experimentaban el fenómeno de “aparcamiento” en sus vías principales durante las horas pico. Tras el año 2000, la congestión se extendió a ciudades de todos los niveles en el país, convirtiéndose en una fuente de malestar para la vida cotidiana de los ciudadanos. En realidad, la congestión del tráfico es un problema casi inevitable en cierta etapa del desarrollo urbano que han experimentado todas las grandes metrópolis del mundo.

Ante la ineficiencia en los desplazamientos y el coste medioambiental derivados de la congestión, muchas ciudades chinas han adoptado medidas de gestión. Los instrumentos administrativos comunes incluyen las restricciones a la circulación y a la compra de vehículos, como la restricción por número de matrícula en días laborables y el sorteo para adquirir un coche en Beijing; la subasta de matrículas en Shanghai; y el control del parque automotor total y las restricciones a vehículos foráneos en Guangdong y Shenzhen. Estas medidas han aliviado en cierta medida la presión sobre las vías en horas punta. Sin embargo, las restricciones no son una solución a largo plazo; al relajarse las políticas, los atascos tienden a reaparecer y, además, afectan la libertad de movimiento y la comodidad de los ciudadanos. Por ello, mientras se experimenta con las restricciones, las ciudades han invertido enormemente en la construcción de transporte público e infraestructuras. Estas medidas no han logrado encontrar un equilibrio sostenible entre la comodidad para los ciudadanos y la inversión de recursos sociales.

2.2.2 Una Solución de Inteligencia Urbana para una Circulación sin Restricciones

Una metáfora revela el núcleo del problema de la gestión del tráfico: “La distancia más larga



del mundo es la que separa el semáforo de la cámara de tráfico”^[86]. Esta frase también explora creativamente un equilibrio sostenible entre la comodidad ciudadana y la inversión de recursos. El semáforo simboliza la ejecución de acciones, mientras que la cámara de tráfico representa los recursos de datos. Durante mucho tiempo, ambos han estado desconectados: las cámaras recopilan datos continuamente, pero los semáforos ejecutan mecánicamente reglas preestablecidas, y las barreras de datos entre departamentos obstaculizan una acción efectiva. Esta perspicacia se convirtió en el punto de partida del Cerebro Urbano para resolver problemas, planteando a cada gestor la pregunta: “¿Cuál es el ‘semáforo’ de tu departamento? ¿Y dónde está tu ‘cámara’?”. Solo cuando el flujo de datos realmente impregna la toma de decisiones y la acción, la ciudad puede transformarse de un dispositivo mecánico fragmentado a un organismo vivo y colaborativo. Esta cuestión se validó con éxito en la práctica de Nanchang para aliviar la congestión mediante la construcción de su Cerebro Urbano.

Antes de 2020, Nanchang también estaba inmersa en la paradoja de gobernanza de “con restricción, hay atasco; sin restricción, aún peor”. Esta ciudad china de tamaño medio (aunque bajo estándares internacionales ya se considera una gran metrópoli), con una población residente de más de 5 millones y un parque automotor de 1,4 millones de vehículos, dependía desde 2009 de la política de restricción por número de matrícula para combatir la congestión. Las restricciones de once años trajeron un alivio temporal a corto plazo, pero a largo plazo suprimieron la libertad de movimiento de los ciudadanos y la vitalidad comercial.

La construcción del “Cerebro Urbano” de Nanchang comenzó en 2020, apoyándose en la fusión de datos de múltiples fuentes, la percepción en tiempo real y la programación algorítmica para lograr un monitoreo del tráfico a nivel de minutos y la coordinación de semáforos en toda la ciudad. El 29 de diciembre de 2020,

Nanchang abolió oficialmente la política de restricción vehicular por matrícula que había estado en vigor durante once años, convirtiéndose en la primera ciudad del país en pasar de tener restricciones a no tenerlas. Tras la eliminación de las restricciones, la fluidez del tráfico mejoró notablemente: la velocidad media aumentó de 31,9 km/h durante el período de restricción en 2019 a 38,0 km/h en 2022 sin restricciones, mientras que el índice de congestión descendió de 1,31 a 1,27, a pesar de que en el mismo período el parque automotor aumentó un 26,5%^[87]. Este resultado demuestra plenamente que la gobernanza inteligente puede mejorar significativamente la eficiencia del sistema sin necesidad de aumentar los recursos viarios ni la inversión fiscal.

La práctica de Nanchang demuestra que la inteligencia sistémica es más eficaz que la expansión de recursos para mejorar la eficiencia urbana. Su éxito rompe el paradigma tradicional de que “gobernar la congestión requiere necesariamente restricciones o ampliaciones”, sustituyendo la expansión de recursos por datos y las restricciones normativas por algoritmos, logrando un cambio fundamental de “restricción por congestión” a “fluidez inteligente”. Este modelo de gobernanza inteligente que respalda el desarrollo sostenible ofrece un ejemplo replicable para ciudades medianas en China y en todo el mundo. Como comentó un ciudadano en las noticias: “Por fin puedo ir a visitar Nanchang el fin de semana”. Esto no es solo una mejora en la experiencia de viaje, sino una transformación en la filosofía de gobernanza urbana, del control al empoderamiento.

La importancia del caso de “Circulación sin Restricciones” de Nanchang reside en que, con una inversión fiscal y unas condiciones de infraestructura limitadas, logró un salto sistémico en la gestión del tráfico urbano. Dentro del sistema urbano chino, aunque Nanchang no es una megaciudad como Beijing, Shanghai o Shenzhen, y cuenta con recursos fiscales y de capacidad de cálculo más limitados, bajo los



estándares internacionales sigue siendo una ciudad de tamaño medio a grande, con más de 5 millones de residentes y más de 1,4 millones de vehículos. Fue precisamente bajo estas restricciones de recursos que Nanchang, apoyándose en el sistema del "Cerebro Urbano", implementó un modelo de gobernanza innovador mediante la fusión de datos, la capacidad de cálculo y la optimización de modelos inteligentes, logrando "sustituir la expansión por datos y las restricciones por inteligencia". Este modelo supera el dilema binario tradicional de "restricciones para la fluidez" y muestra un nuevo camino para lograr una gestión eficiente del tráfico en ciudades de escala media (Figura 2-7)^[88].

2.3 La Arquitectura Técnica de la Inteligencia Urbana

2.3.1 La Triada de la Capacidad de Cálculo, los Datos y los Modelos

Las exploraciones exitosas como la del Cerebro Urbano de Nanchang demuestran que, para que la inteligencia urbana funcione y logre resultados en escenarios como la gestión de la congestión, se requiere tanto la guía de ideas como el enfoque centrado en las personas, el ahorro de recursos, la visión holística y el desarrollo sostenible, como el respaldo de una sólida capacidad técnica de la inteligencia urbana. La realización de la inteligencia urbana depende de una arquitectura técnica fuertemente acoplada, cuyo núcleo es la triada integrada de la capacidad de cálculo, los datos y los modelos. Los datos son el recurso central, los modelos son el motor inteligente y la capacidad de cálculo es la garantía fundamental (Figura 2-8).

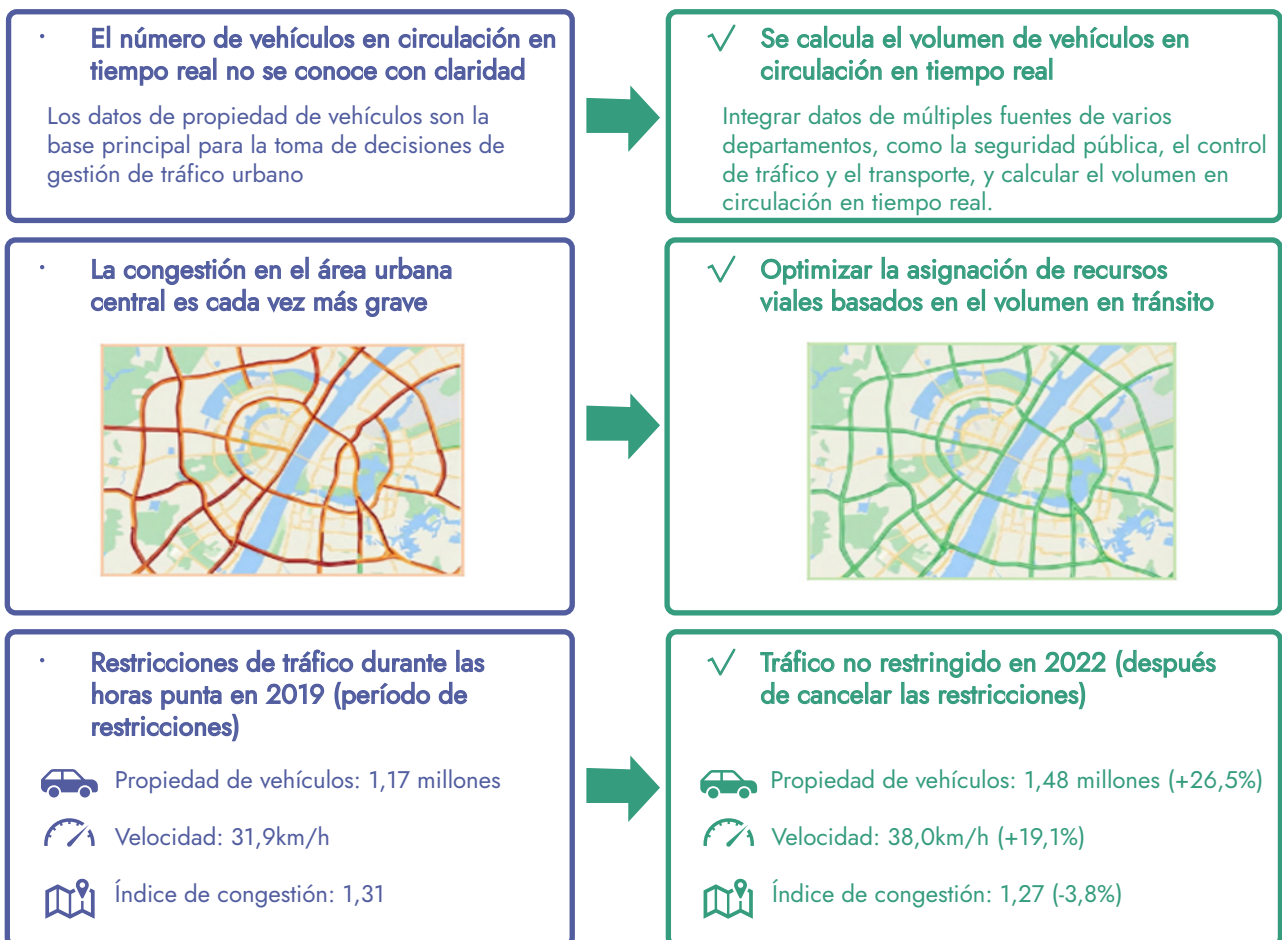


Figura 2-7: Escenario de "Tráfico sin restricciones de circulación" del Cerebro Urbano de Nanchang

Fuente: Elaboración propia del autor



(1) Los Datos: La Integración de Datos de Múltiples Fuentes Libera Su Valor

Las ciudades contemporáneas han acumulado durante mucho tiempo datos de múltiples fuentes sobre el tráfico, el consumo de energía, el monitoreo ambiental, los asuntos gubernamentales, etc. —desde cámaras en las vías y señales de tráfico hasta el GPS del transporte público, el IoT urbano y la teledetección satelital—, muchos de estos datos ya se encuentran en una fase accesible o de bajo costo. Por ejemplo, la plataforma de datos abiertos de París (opendata.paris.fr)^[89] proporciona datos abiertos de múltiples departamentos municipales, cubriendo áreas como el transporte, el medio ambiente y la infraestructura, ofreciendo un soporte de datos al público e investigadores. El Almacén de Datos de Londres (London Datastore)^[90] integra recursos de datos intersectoriales que abarcan múltiples ámbitos de la gobernanza urbana como la población, el medio ambiente, el transporte, la salud y la vivienda, proporcionando un soporte para la gestión urbana basada en los datos a través de una interfaz unificada.

Las organizaciones internacionales como la ONU y el Banco Mundial enfatizan que los datos no son activos aislados, sino un insumo clave para

la gobernanza urbana y la toma de decisiones sostenibles^{[91][92]}. Las ciudades no necesitan construir una base de datos desde cero, sino más bien liberar el valor de los datos existentes a través de centros de datos, estándares de interoperabilidad y mecanismos de protección de la privacidad^[93].

Al mismo tiempo, la combinación de la teledetección satelital y la IA está remodelando la forma en que se perciben las ciudades^[94]. En octubre de 2021, la ONU aprobó la “Agenda Espacio 2030” (The “Space2030” Agenda: space as a driver of sustainable development), que reconoce explícitamente la combinación de datos de observación de la Tierra e IA como un motor de los Objetivos de Desarrollo Sostenible. Con las observaciones satelitales de la alta resolución y la alta frecuencia, incluso las ciudades con recursos limitados pueden lograr un monitoreo global y una optimización dinámica a bajo costo. Actualmente, hay hasta 800 satélites de observación terrestre en órbita, con Landsat 9 cubriendo el globo cada 16 días^[95], y la constelación Sentinel-2 ofreciendo un ciclo de revisita de 5 días^[96]. Se espera que para 2032 el número de satélites de observación terrestre alcance los 3200. Los cambios en la superficie urbana ya pueden ser monitoreados

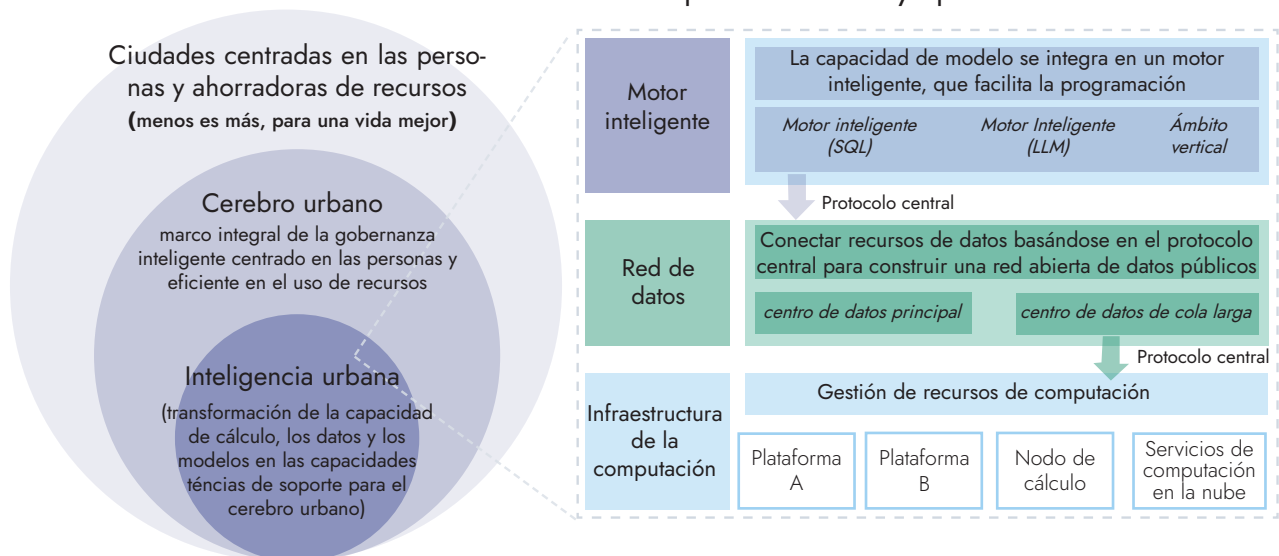


Figura 2–8: Esquema de la inteligencia urbana, el Cerebro Urbano y la construcción de una ciudad ahorradora de recursos

Fuente: Elaboración propia del autor

casi en tiempo real, sentando una base sólida de datos para construir soluciones de inteligencia urbana inclusivas.

La combinación de datos de teledetección satelital y modelos de IA ofrece un enfoque de bajo costo para la observación urbana. Tomando como ejemplo la percepción de la morfología edificatoria urbana y el modelado tridimensional, las ilustraciones previas combinan datos de múltiples fuentes como la teledetección satelital, la observación terrestre y cercana a la superficie con modelos de IA para identificar la morfología de los edificios urbanos y su distribución espacial. En el caso de Beijing (dentro del segundo anillo), se identificaron 17 817 edificios, con una altura media de 9,42 metros y máxima de 98,68 metros; en Shanghai (distrito de Hongkou), se identificaron 54 839 edificios, con una altura media de 11,40 metros y máxima de 100,38 metros (Figura 2-9).

Combinando datos de múltiples fuentes como la teledetección satelital y la observación terrestre y

cercana a la superficie terrestre con modelos de IA, se puede identificar de manera panorámica la morfología edificatoria y su distribución espacial en diversas ciudades del mundo: Nueva York cuenta con 313 521 edificios, con alturas media y máxima de 10,50 metros y 113,86 metros; París tiene 23 159 edificios, con 12,91 metros de altura media y 76,05 metros de máxima; Dubái posee 131 026 edificios, con alturas media y máxima de 10,51 metros y 86,26 metros; Bogotá tiene 71 227 edificios, con 8,39 metros de media y 87,34 metros de máxima; y Nairobi cuenta con 114 089 edificios, con una altura media de 5,03 metros y máxima de 75,80 metros (Figura 2-10).

La tecnología de IA brinda a las ciudades la oportunidad de obtener recursos de datos que antes eran inaccesibles a un costo menor. Estos datos de observación pueden aplicarse en la toma de decisiones para escenarios de gobernanza urbana y, más importante aún, pueden integrarse en conjuntos de datos de alta calidad para proporcionar la base de datos necesaria para la generación de modelos de inteligencia

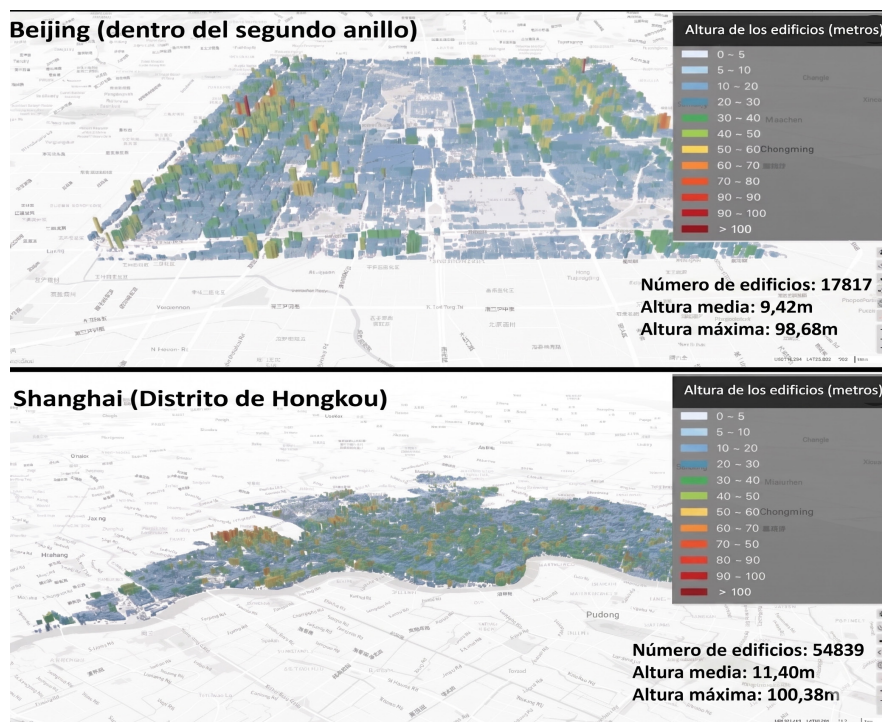


Figura 2-9: Observación de la morfología arquitectónica y la distribución espacial de Beijing y Shanghai mediante la combinación de datos de teledetección satelital y modelos de IA

Fuente: Elaboración propia del autor



urbana..

(2) Los Modelos: Los Modelos Fundacionales Urbanos Construyen el Motor Inteligente

El avance de la IA reside centralmente en la mejora de la capacidad de los modelos y la apertura del ecosistema a través del código abierto. Un gran número de modelos fundacionales (Foundation Models) proporciona “componentes de inteligencia general” transferibles, ajustables y reutilizables para la aplicación de la inteligencia urbana en escenarios específicos (Figura 2-11). “IA + Ciudad” no consiste simplemente en incrustar herramientas de IA existentes en los procesos de gestión urbana, sino que representa un profundo cambio de paradigma. Su núcleo radica en considerar la ciudad misma como un organismo complejo con características vitales y, mediante la construcción de un modelo fundacional urbano unificado, crear para esta “entidad digital viva” un motor inteligente capaz de percibir, aprender, razonar y evolucionar continuamente. Su esencia científica es reestructurar la arquitectura de la infraestructura digital urbana apoyándose en el modelo fundacional urbano, dotando a la ciudad

de capacidades cognitivas, decisorias y evolutivas holísticas, para lograr una mejora fundamental en la asignación de recursos, los servicios públicos y la eficacia del desarrollo sostenible. Esto marca la transición del desarrollo urbano de la fase de “empoderamiento digital” como herramienta a una nueva era donde “la ciudad en sí misma es inteligente”.

Los marcos de código abierto y las librerías de modelos reducen enormemente la barrera de entrada, permitiendo que instituciones de investigación, gobiernos locales y pequeñas y medianas empresas realicen personalizaciones específicas sobre modelos existentes. En otras palabras, el suministro de modelos ha pasado de ser un recurso escaso a una “fuerza tecnológica pública accesible”, aunque su eficacia final sigue dependiendo de datos sectoriales de alta calidad y de la capacidad de cálculo adecuada para completar el entrenamiento o el ajuste fino. Un informe de la Fundación Linux *Sobre el Impacto Económico y Laboral de la IA de Código Abierto* (The Economic and Workforce Impacts of Open Source AI) indica que el costo de despliegue de los modelos de código abierto es más de un 50% inferior al de los modelos propietarios, y

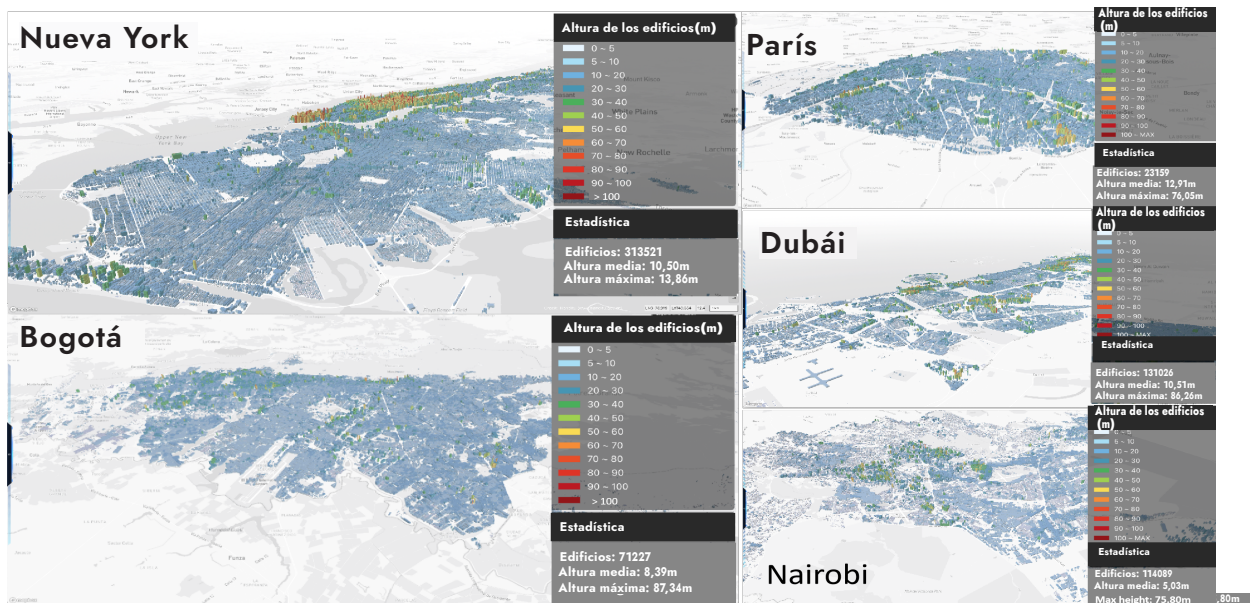


Figura 2–10: Observación de la morfología arquitectónica y la distribución espacial en múltiples ciudades del mundo mediante la combinación de datos de teledetección satelital y modelos de IA

Fuente: Elaboración propia del autor

que el 89% de las organizaciones utilizan alguna forma de IA de código abierto, con un 63% que ya ha desplegado modelos de este tipo^[97]. Esto permite que ciudades pequeñas y medianas, así como las pymes, participen en la cadena de valor global.

(3) La Capacidad de Cálculo: Adecuada, Eficiente e Inclusiva

La capacidad de cálculo no es una mera agregación de potencia de cálculo, sino un sistema técnico integral que abarca la capacidad de procesamiento, la de almacenamiento, la de transmisión de red y la de gestión de eficiencia energética. Las ciudades modernas generan diariamente unas cantidades masivas de datos (el flujo de tráfico, el monitoreo ambiental, la videovigilancia de seguridad pública, el consumo de energía, etc.), cuyo procesamiento y análisis en tiempo real dependen completamente del soporte de la capacidad de cálculo. Los requisitos de la inteligencia urbana para la capacidad de cálculo varían según la perspectiva de la decisión urbana: la respuesta a emergencias y la gestión del tráfico requieren baja latencia; la planificación de infraestructuras y la optimización de servicios públicos necesitan la alta eficiencia; la simulación del desarrollo urbano y la predicción de efectos de políticas exigen la computación

de alto rendimiento combinada profundamente con IA. En la dimensión temporal, se debe soportar tanto el procesamiento en tiempo real (respuesta en milisegundos) como el análisis a largo plazo (minería de datos de años). En la dimensión espacial, se requiere una capacidad de cálculo de multiescala, desde el nivel micro (edificios, calles) hasta el macro (aglomeraciones urbanas), lo que impone demandas aún mayores a la capacidad de cálculo.

Por supuesto, un desarrollo de inteligencia urbana de alta calidad no solo requiere un aumento en la cantidad de capacidad de cálculo, sino que, más crucialmente, necesita la innovación en su arquitectura, la optimización de su eficiencia y el perfeccionamiento de su gobernanza. La competitividad futura de una ciudad dependerá en gran medida de su capacidad para construir un sistema avanzado de capacidad de cálculo que se adapte a sus características particulares, esté en armonía con los valores humanos y sea coherente con los objetivos de desarrollo sostenible. No se trata de construir la ciudad con la “máxima capacidad de cálculo”, sino de utilizar una capacidad de cálculo adecuada, eficiente e inclusiva para crear un organismo urbano más habitable, resiliente y vibrante, bajo

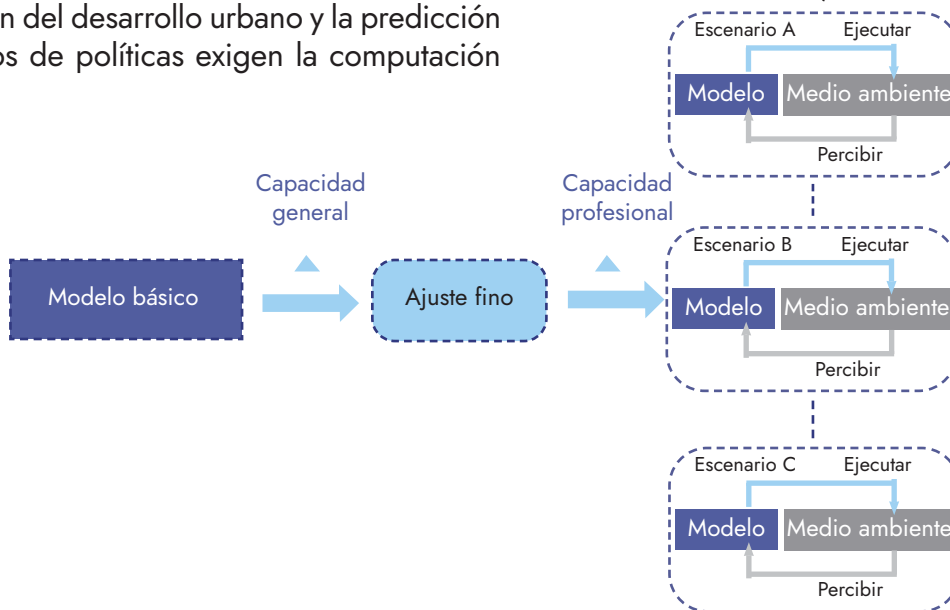


Figura 2–11: La arquitectura de “capacidad general + ajuste preciso por escenarios” de la IA como soporte para la inteligencia urbana

Fuente: Elaboración propia del autor



un modelo de ahorro en capacidad de cálculo.

La demanda de capacidad de cálculo para los grandes modelos actuales y los servicios en tiempo real de alta frecuencia está creciendo exponencialmente^[98]. lo que plantea una “barrera de capacidad” a nivel técnico y, en términos de la distribución, genera una “brecha de cálculo”. Unas instituciones autorizadas como la ONU y la OCDE ya consideran la desigualdad en el acceso a la capacidad de cálculo como un problema sistémico que afecta la inteligencia y el desarrollo sostenible de las ciudades globales^[96], y abogan por mitigar este desequilibrio mediante la computación distribuida, la conexión a energías verdes, el uso compartido regional de la capacidad de cálculo y la cooperación internacional.

2.3.2 El Motor de la Inteligencia Urbana

El motor de inteligencia urbana es la implementación y concreción específica de los modelos de IA en el sistema de inteligencia de la ciudad, constituyendo su núcleo más esencial. Desplegado para la gobernanza urbana, integra modelos de percepción física, modelos de percepción social, modelos de simulación dinámica y modelos de conocimiento urbano en un modelo fundacional urbano, dotándolo de capacidades cognitivas y de razonamiento generales aplicables a múltiples escenarios. A través de interfaces estandarizadas y mecanismos de ajuste fino, puede adaptarse rápidamente a tareas en diferentes sectores como el transporte, la energía y la protección ambiental, logrando un ciclo cerrado que va desde la percepción hasta la decisión.

Tomando como ejemplo la gobernanza del tráfico urbano, el motor de inteligencia urbana integra eficazmente datos heterogéneos de múltiples fuentes, permitiendo el monitoreo y la predicción de la situación del tráfico en tiempo real para respaldar la toma de decisiones holística. Por ejemplo, la integración de datos multidimensionales permite el ajuste dinámico adaptativo de

los parámetros de las “olas verdes”, soportando la generación de “olas verdes” personalizadas “con la demanda”. Al mismo tiempo, proporciona soporte para una gestión afinada de la demanda, monitorizando la distribución de la demanda de transporte, identificando puntos críticos y causas de congestión, y ajustando dinámicamente el derecho de paso, los peajes y los servicios de transporte público para guiar a los ciudadanos hacia desplazamientos más racionales. El motor inteligente de tráfico proporcionó la capacidad central para el cambio de política de eliminación de restricciones en Nanchang.

2.3.3 El Mecanismo de Código Abierto de la Inteligencia Urbana

La iniciativa “IA + Ciudad” implica no solo los avances tecnológicos, sino también las innovaciones en el mecanismo. Este mecanismo es el código abierto. Con la liberación como código abierto de modelos fundacionales como DeepSeek, Tongyi Qianwen y 021 Science Foundation Model^[99], Hangzhou se ha convertido en el impulsor ideológico y práctico más importante del código abierto en modelos fundacionales de IA^[67]. El desarrollo urbano también necesita el apoyo de un nuevo mecanismo de este tipo. El código abierto ha evolucionado de la apertura del código fuente a la apertura de recursos de innovación (Tabla 2-1). En la conformación de la inteligencia urbana, abrir datos, modelos y capacidad de cálculo equivale a abrir recursos de innovación para el desarrollo urbano, lo cual es un mecanismo de innovación crucial para el desarrollo coordinado entre ciudades. Es innegable que la investigación, el desarrollo y la aplicación de la IA también requieren un consumo significativo de recursos. Un mecanismo de código abierto para la inteligencia urbana facilita el uso compartido y la reutilización de bienes públicos inteligentes, lo cual es inherente a la construcción de una sociedad ahorradora de recursos.

2.4 La Práctica Generalizada de

“IA + Ciudad” en China

2.4.1 La Práctica Generalizada Integral a Escala Urbana

La inteligencia urbana es el resultado endógeno y una emergencia sistémica de “IA + Ciudad”. A través de la práctica en las ciudades chinas, la inteligencia urbana ha demostrado su capacidad de gobernanza en múltiples campos, abarcando el medio ambiente, la administración y la sociedad.

En el ámbito del medio ambiente ecológico, la inteligencia urbana ha superado la mera monitorización y alerta, evolucionando hacia el apoyo a la toma de decisiones sistémicas de gobernanza. Por ejemplo, el asistente inteligente ambiental basado en grandes modelos construido en Guangdong puede integrar datos de múltiples fuentes y realizar razonamiento de conocimiento para asistir en la aplicación de la ley y la simulación de políticas. Los sistemas inteligentes de predicción de la contaminación atmosférica desplegados en Shanghai, Chengdu y otros lugares han logrado una transformación del modelo de gobernanza, pasando de la respuesta pasiva a la intervención proactiva. Este tipo de aplicaciones no solo mejora la eficiencia del control, sino que, a través de la retroalimentación continua de datos y la optimización de modelos, permite que el sistema ambiental urbano adquiera gradualmente una

inteligencia preliminar de “la previsión” y “la adaptación”. La plataforma municipal de Big Data de emisiones de carbono construida en Shenzhen integra datos de consumo de energía y emisiones intersectoriales, evaluando dinámicamente las rutas de reducción de emisiones y el valor de los activos mediante algoritmos. Esto marca un cambio en la lógica de gestión, de la estadística estática a la simulación y la optimización dinámicas, permitiendo a la ciudad comprender con mayor precisión su propio “metabolismo” y proporcionando una base inteligente para la toma de decisiones hacia una transición baja en carbono sistémica.

En el ámbito de los servicios públicos, la inteligencia urbana impulsa su evolución hacia la personalización, la precisión y la proactividad. Los sistemas de la salud inteligente, la educación y el turismo cultural están pasando de simplemente conectar silos de datos y ofrecer facilidades en línea a proporcionar recomendaciones inteligentes de servicios y una asignación dinámica de recursos basada en el comportamiento y las necesidades de los usuarios. Por ejemplo, el “Cerebro de Campus” construye un sistema de apoyo al crecimiento personalizado para los estudiantes mediante la integración de datos educativos de todo el ámbito. Las plataformas inteligentes de la cultura y el turismo pueden planificar dinámicamente itinerarios de experiencias culturales para los ciudadanos. Estas prácticas demuestran que los sistemas de servicio público están aprendiendo

Tabla 2-1: Comparación entre el Código Abierto en la Era del Software y en la Era de la IA

Dimensión	Código Abierto en la Era del Software (Open Source)	Código Abierto/Recursos Abiertos en la Era de la IA (Open Source)
Definición Esencial	Apertura del código fuente del software	Apertura de datos, pesos de modelos, capacidad de cálculo y otros medios de producción centrales
Elementos Clave	Código, protocolos, colaboración comunitaria	Recursos de datos, recursos computacionales, modelos preentrenados
Objetivo Principal	Fomentar la innovación en software, evitar la duplicación en el desarrollo	Reducir la barrera de entrada a la inteligencia, evitar que toda la sociedad invierta repetidamente grandes cantidades de cálculo en entrenar modelos fundacionales
Realización de Valor	Mejorar la eficiencia mediante la reutilización de código	Ahorrar recursos como electricidad mediante la reutilización y la colaboración de recursos, construir un ecosistema inteligente



a “comprender” y “adaptarse” a las necesidades de los ciudadanos, mostrando inicialmente una inteligencia de respuesta similar a la de un organismo vivo.

En el ámbito de la gobernanza urbana, el nivel de inteligencia de plataformas como la “Gestión Unificada en una Sola Red” continúa mejorando. Permiten la detección en tiempo real de problemas operativos urbanos, la asignación inteligente de tareas y la resolución colaborativa. El sistema de gobernanza está transitando de la “colaboración hombre-máquina” hacia un “ente inteligente” con una capacidad de percepción global y una resolución en ciclo cerrado. En unos distritos como Changning en Shanghai, los algoritmos inteligentes han abordado eficazmente problemas urbanos recurrentes como la identificación de residuos abandonados o el estacionamiento incorrecto de bicicletas compartidas. En Beijing, Hangzhou y otras ciudades, se realiza una inspección inteligente de las instalaciones públicas municipales, detectando mediante las cámaras las averías en el alumbrado público o la falta de tapas de alcantarilla y generando automáticamente órdenes de reparación, haciendo el mantenimiento urbano más proactivo y rápido.

2.4.2 La Cobertura Más Profunda: de la Aplicación al Escenario, y del Escenario

al Panorama Completo

Las ciudades chinas, a través de la práctica, han ido formando un consenso para su transformación y desarrollo: centrarse en las personas, considerar la ciudad como un organismo vivo, y apoyarse en una infraestructura de inteligencia urbana holística para impulsar la ciudad desde la aplicación al escenario, y del escenario al panorama completo, logrando la optimización de recursos y el desarrollo sostenible mediante una gobernanza integral y coordinada (Figura 2-12).

(1) La Exploración por Escenarios: De la Aplicación al Escenario

Los grandes modelos se dividen en modelos fundacionales y modelos específicos ajustados para tareas concretas. La aplicación de modelos se refiere a desarrollar aplicaciones basadas en modelos existentes para proporcionar servicios, pudiendo utilizar modelos generales o verticales. “IA +” aplica al contexto de la gobernanza urbana china en términos de “aplicaciones” y “escenarios”, coexistiendo ambos en la ciudad y con énfasis diferentes en lo tecnológico y lo gubernamental respectivamente. La “aplicación” se manifiesta en herramientas tecnológicas aisladas como semáforos inteligentes, cámaras de infracciones o robots de rescate. El “escenario” se materializa

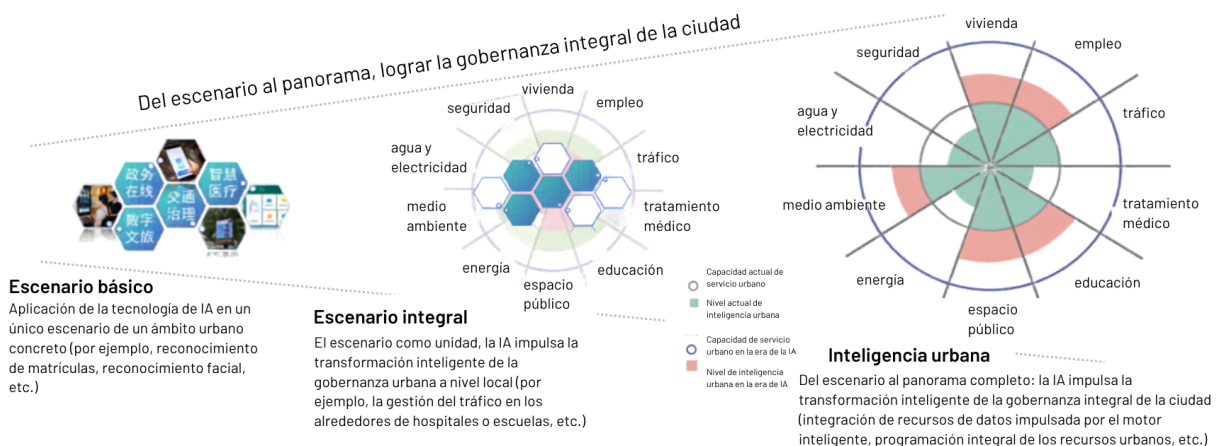


Figura 2-12: Del escenario al panorama completo: la práctica gradual de la inteligencia urbana en China

Fuente: Elaboración propia del autor

en soluciones de gobernanza para servicios ciudadanos como "Pago después de salir del aparcamiento". Los escenarios deben identificar "problemas complejos" sectoriales, trascender los límites funcionales departamentales y, a través del escenario, lograr la interoperabilidad de datos y la colaboración operativa para generar una eficacia de gobernanza integral que resuelva problemas sistémicos complejos. Sin una exploración profunda de escenarios, incluso el mejor modelo fundacional difícilmente tendrá un impacto significativo.

(2) Del Escenario al Panorama Completo: La Inteligencia Urbana Realiza la Ciudad como un Todo

Frente a la complejidad urbana y la incertidumbre futura, la solución de los grandes problemas de la ciudad requiere no solo la inteligencia urbana, sino también una capacidad de gobernanza sistémica a nivel de ciudad para lograr la realización concreta del enfoque centrado en las personas. Esto implica el cálculo para la asignación óptima de recursos limitados entre múltiples actores y necesidades a escala urbana, logrando así que la ciudad funcione como un todo. Actualmente, la capacidad de gobernanza integral en las ciudades chinas está aún en desarrollo, pero la exploración que va del escenario al panorama completo ha impulsado enormemente la evolución de la "inteligencia

urbana". Ejemplos como "Gestión Unificada en una Sola Red" y "Tramitación Unificada en Una Red" de Shanghai ofrecen modelos de gobernanza urbana integral. La práctica del Cerebro Urbano, iniciada en Hangzhou en 2016 y rápidamente extendida a otras grandes ciudades del país, construye generalmente su arquitectura técnica inteligente bajo los principios de "ahorro de recursos", "gobernanza integral" y "desarrollo sostenible", promoviendo el desarrollo de la inteligencia urbana a través de la práctica de escenarios. Esta transformación se puede observar en escenarios representativos como "Un solo aparcamiento para toda la ciudad", "Qinjing en Línea", "Disfrute una hora más de ocio" y "Cerebro de Campus".

"Un solo aparcamiento para toda la ciudad". La dificultad para aparcar es un problema urbano generalizado. Por ejemplo, el área metropolitana de Hangzhou cuenta con aproximadamente 4,8 millones de vehículos y 3,69 millones de plazas de aparcamiento (Figura 2-13). El escenario "Un solo aparcamiento para toda la ciudad" utiliza como recursos gestionables todos los aparcamientos y plazas de la ciudad para lograr una gobernanza de "gestión unificada en una red, visualización en una pantalla, reserva con un clic y pago después de salir". Esto refleja la percepción en línea de los recursos globales de la ciudad y una configuración eficiente de los servicios de aparcamiento, constituyendo una

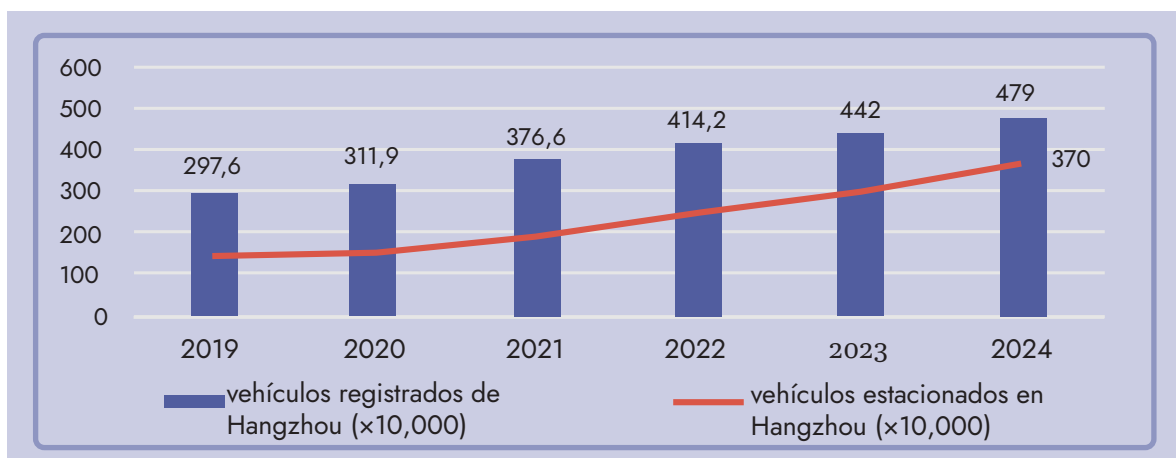


Figura 2-13: Vehículos registrados y estacionados en Hangzhou

Fuente: Buró de Gestión Urbana de Hangzhou



gobernanza panorámica a nivel de ciudad^[26].

La plataforma del sistema de aparcamiento del Cerebro Urbano de Hangzhou integra diez módulos inteligentes como “Percepción Inteligente”, “Conexión Inteligente” y “Aparcamiento Inteligente”, permitiendo la integración de los recursos de aparcamiento de toda la ciudad, la disponibilidad en tiempo real de datos de millones de plazas, el análisis agregado en tiempo real de los datos de estacionamiento y la monitorización en vivo del estado del aparcamiento urbano. Ha integrado 6300 aparcamientos y 1,82 millones de plazas. La función de “Salir antes de pagar” cubre prácticamente todos los aparcamientos de pago abiertos de la ciudad, con 4.8 millones de usuarios registrados, 460 000 usuarios activos mensuales (uso ≥ 10 veces al mes) y un total acumulado de más de 380 millones de servicios. La tasa de uso media se acerca al 50%, con aproximadamente 600 000 personas utilizando esta función de pago diariamente. El tiempo de salida del aparcamiento se redujo de 30 segundos a menos de 2 segundos, ahorrando más de 3 millones de horas en total. La tasa de rotación diaria de plazas aumentó de 1,6 a 1,85 veces (un incremento del 16%), lo

que equivale a la creación de 250 000 nuevas plazas. Este sistema ha mejorado la eficiencia, accesibilidad e inclusividad del aparcamiento urbano, optimizando la experiencia de movilidad (Figura 2-14).

La plataforma en línea “Qinqing en Línea”. El escenario “Qinqing en Línea” representa la remodelación de los procesos gubernamentales bajo el principio de “centrado en las personas” y la capacidad de servicio integral del gobierno de la ciudad. El nombre “Qinqing” alude a la “relación cordial y limpia entre el gobierno y las empresas”, una relación estrecha pero ética. Las políticas municipales de apoyo empresarial buscan promover el desarrollo industrial, pero problemas tradicionales de gobernanza como la asimetría informativa entre gobierno y empresas, la lenta transmisión de políticas, los engorrosos trámites de solicitud y los retrasos en el desembolso de fondos, mermaban la eficacia de las políticas. Bajo el impacto de la pandemia en 2020, los gobiernos locales implementaron medidas de apoyo para la reanudación de la actividad empresarial, pero muchas empresas no las solicitaron a tiempo por “desconocimiento de las políticas”, obstruyendo la “última milla”

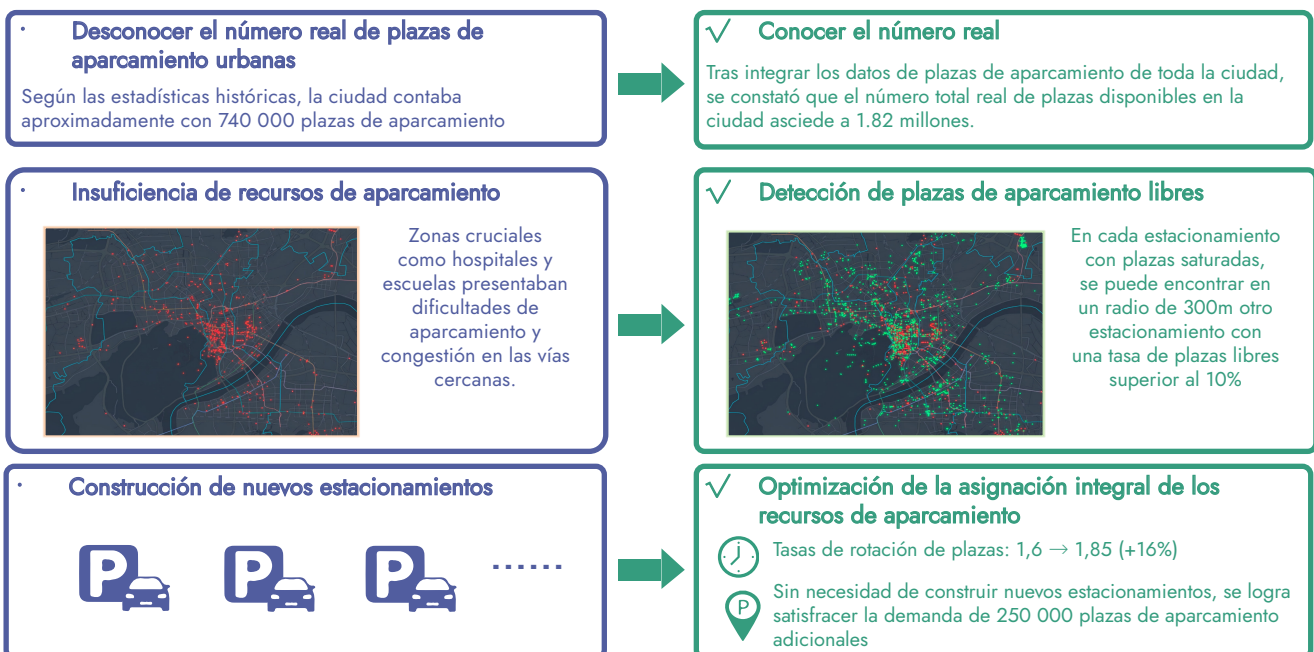


Figura 2–14: Escenario “Un solo aparcamiento para toda la ciudad” del Cerebro Urbano de Hangzhou

Fuente: Elaboración propia del autor



en la implementación. El escenario "Qinqing en Línea" del Cerebro Urbano de Hangzhou innovó creando un modelo directo de "(1) solicitud sin papeleo, (2) aprobación sin intervención humana, (3) desembolso instantáneo" (Figura 2-15)^[26].

El escenario "Qinqing en Línea" utiliza la verificación cruzada de Big Data gubernamental para identificar de forma inteligente a las empresas que cumplen los requisitos, haciendo que los recursos de apoyo empresarial se alineen proactivamente con los solicitantes. Este cambio de "las personas buscan la política" a "la política busca a las personas" refleja la reingeniería de procesos centrada en las personas y la capacidad inteligente para alcanzar los objetivos del escenario. "Qinqing en Línea" integra múltiples sistemas en una plataforma inteligente, conectando toda la cadena de publicación, interpretación, solicitud y comunicación interactiva de políticas, remodelando la coordinación organizativa para formar una capacidad integral. Como ejemplo, con los fondos especiales de transferencia establecidos de emergencia por el gobierno central para "llegar directamente a las bases municipales y

distritales, beneficiar directamente a empresas y ciudadanos", a través de "Qinqing en Línea", en 7 días se completaron 360 000 verificaciones sistémicas y 149 000 pagos en línea, desembolsando instantáneamente 1 090 millones de RMB, beneficiando a numerosas microempresas, pequeñas empresas y trabajadores autónomos. El total acumulado de fondos desembolsados supera los 100 000 millones de RMB.

"Disfrute una hora más de ocio." "Disfrute una hora más de ocio" es un escenario en el ámbito del turismo cultural y su gobernanza, cuyo objetivo es ahorrar tiempo a los turistas durante su visita a la ciudad. El núcleo del turismo es la experiencia del visitante, y el tiempo es un recurso escaso. Durante mucho tiempo, la gobernanza del turismo cultural ha adolecido de decisiones poco científicas y procesos que consumen tiempo, como la compra de entradas o el registro en hoteles. Unos cálculos de Hangzhou muestran que, en promedio, que un turista "disfrute una hora más de ocio" generaría un incremento anual de ingresos turísticos de aproximadamente 10 000 millones de RMB. Apoyándose en el "Cerebro Urbano",

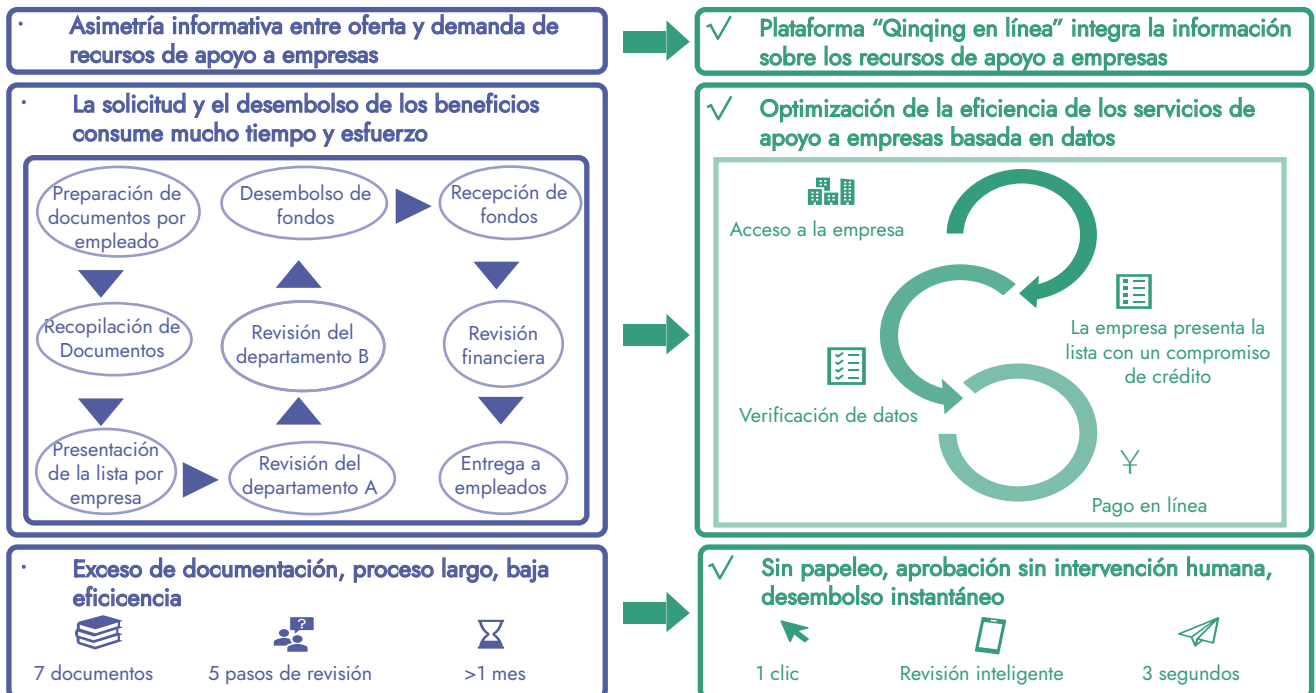


Figura 2-15: Escenario "Qinqing en línea" del Cerebro Urbano de Hangzhou

Fuente: Elaboración propia del autor



Hangzhou sintetizó el escenario integral de servicios turísticos “Disfrute una hora más de ocio” para toda la ciudad, con el fin de mejorar la capacidad de gobernanza del servicio y resolver las contradicciones centrales: por el lado de la demanda, la contradicción entre las necesidades de servicios personalizados de los turistas y la lenta respuesta del modelo de servicio tradicional; por el lado de la oferta, la contradicción entre la provisión fragmentada de recursos de servicios públicos y comerciales y la necesidad de una correspondencia precisa con la demanda dinámica de los turistas; en el lado de la gobernanza, se requiere la coordinación de múltiples departamentos como de la cultura y el turismo, de la seguridad pública, etc., para formar un “todo urbano”, razón por la cual el Cerebro Urbano ha evolucionado continuamente para ejercer su capacidad de coordinación integral (Figura 2-16).

mente los tiempos de espera en puntos como el acceso a áreas escénicas, el registro en hoteles, las conexiones de transporte y los servicios de equipaje, convirtiendo eficazmente el tiempo de espera en cola en tiempo de visita, consumo y experiencia, optimizando así la correspondencia de recursos. Este resultado optimizado se debe a una actualización de servicios inteligentes impulsada por la colaboración multisectorial. Apoyándose en el sistema central del Cerebro Urbano, se logró la integración profunda de datos de múltiples cadenas, como torniquetes de acceso, sistemas de venta de entradas, sistemas PMS de hoteles y registros de check-in, aplicándolos a la iteración continua del escenario de servicio. Durante la construcción del escenario, el gobierno, en su papel de liderazgo, introdujo mecanismos de mercado y capital social, facilitando la provisión colaborativa público-privada de servicios. Esto permitió que los turistas, sin alterar su tiempo total de estancia en Hangzhou, pudieran disfrutar de una hora adicional de

Este escenario ha logrado acortar significativa-

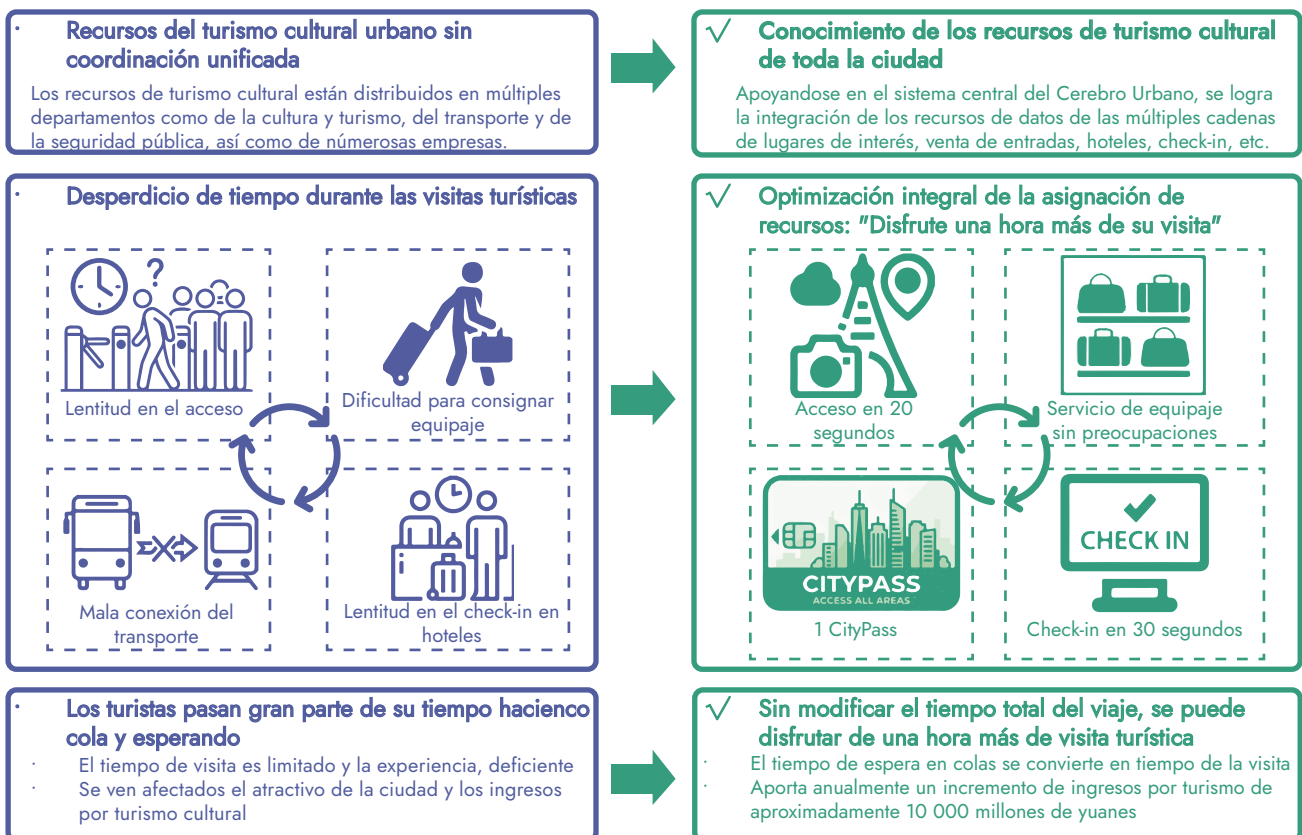


Figura 2-16: Escenario “Disfrute una hora más de ocio” del Cerebro Urbano de Hangzhou

Fuente: Elaboración propia del autor

visita, habiendo beneficiado acumulativamente a 10 4166 millones de visitantes.

"Cerebro del Campus". En 2021, Hangzhou City University inició la exploración de la construcción de un Cerebro de Campus, inspirándose en el concepto del Cerebro Urbano, y estableció la arquitectura sistémica de "Gobernar el Campus con un Cerebro, Empoderar Dos Extremos Simétricamente". Concretizó el enfoque "centrado en las personas" en un enfoque "centrado en el estudiante", empoderando simultáneamente las necesidades tanto de estudiantes y profesores como de la institución en su conjunto. La visión holística de la ciudad y la concepción de los recursos del Cerebro Urbano también iluminaron la aplicación metodológica del Cerebro de Campus: primero, comprender la cantidad de recursos en un sentido integral; segundo, ejecutar decisiones en un ciclo completo y cerrado; tercero, constituir un todo coordinado con los sistemas de infraestructura relacionados con la educación; cuarto, construir una estructura de gobernanza moderna y de alta calidad a través de las capacidades del Cerebro de Campus. A partir de ahí, el Cerebro de Campus ha desarrollado cinco grandes espacios de escenarios para un campus inteligente: gobernanza digital inteligente, formación de estudiantes, desarrollo del profesorado, investigación y administración, cubriendo respectivamente una serie de sub-escenarios como "Trámites de Matriculación Unifi-

cados", "Segunda Aula Digital Inteligente" o "Compra de Libros con Reembolso Inmediato". Con ello se logra una gobernanza integral del campus inteligente, explorando una asignación eficiente de los recursos educativos y un desarrollo sostenible de alta calidad (Figura 2-17).

El Cerebro de Campus, realizando adaptaciones locales sobre la arquitectura de inteligencia general del Cerebro Urbano, posee la capacidad de generalización de "capacidad general + adaptación específica". Comprende seis elementos centrales: (1) La base digital: Como la infraestructura de datos, abarca recursos de redes y percepción, soportando la recopilación, gestión y gobernanza de datos en tiempo real. (2) El sistema central: Plataforma inteligente de toma de decisiones y gestión que permite la gobernanza de datos, la interoperabilidad entre departamentos y la decisión inteligente. (3) El motor inteligente: Basado en capacidad de cálculo y librerías de modelos, soporta el entrenamiento y optimización de algoritmos para múltiples escenarios de aplicación, impulsando la inteligencia en educación y otros campos. (4) La inteligencia de escenarios: Centrada en áreas como la enseñanza, crea escenarios de gobernanza típicos como "Trámites de Contratación Unificados", promoviendo los avances puntuales y la integración sistémica. (5) El panel de control: La plataforma de visualización para gestores a

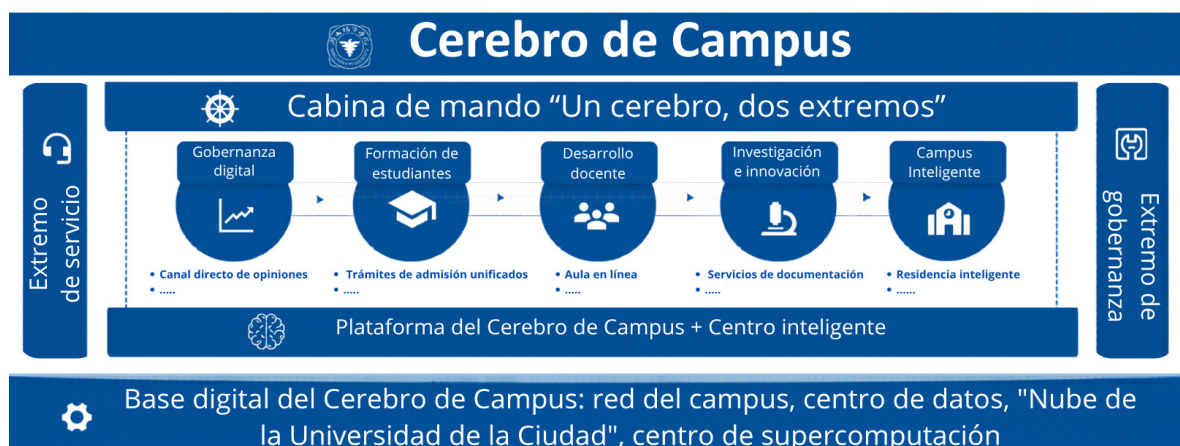


Figura 2-17: Arquitectura del sistema del Cerebro de Campus

Fuente: Hangzhou City University



nivel de universidad y facultad, que permite el monitoreo en línea de datos de gobernanza y el apoyo a la decisión, mejorando la transparencia y la capacidad de ejecución. (6) La plataforma pública: Abarca capacidades de soporte como la autenticación de identidad unificada, asegurando la interconexión entre diferentes sistemas operativos^[100].

2.4.3 Las implicaciones de la Práctica China del Cerebro Urbano

La práctica generalizada de la inteligencia urbana en China, basada en el concepto del Cerebro Urbano, no es solo la implementación de soluciones técnicas, sino que también destila implicaciones profundas que trascienden la tecnología misma en los niveles cognitivo, metodológico y de valor. Estas implicaciones, arraigadas en el contexto único de rápida urbanización y restricción de recursos en China, constituyen una lógica endógena que impulsa un cambio sistémico en el paradigma del desarrollo urbano. En 2025, la Conferencia Central de Trabajo Urbano estableció sistemáticamente los principios fundamentales para el desarrollo urbano en la nueva era, cuyo núcleo es la filosofía de desarrollo centrada en las personas, el respeto por las leyes del desarrollo urbano y la realización de las “Cinco Coordinaciones”^[101]. Este es también el mandato de transformación de la era de “IA + Ciudad”, respondiendo a la cuestión fundamental de “qué tipo de ciudad construir y cómo construirla” en la “era de la capacidad de cálculo”. El Cerebro Urbano, gestado en la práctica, es precisamente la palanca clave para convertir este diseño de alto nivel en una realidad tangible, proporcionando valiosas lecciones para el desarrollo urbano.

(1) La Gobernanza Centrada en las Personas: de la Orientación Tecnológica a la Orientación al Servicio

“Centrado en las personas” define en la lógica fundamental cómo debe pensar la inteligencia urbana. La práctica de escenarios del Cere-

bro Urbano en China evidencia una transformación desde una “orientación tecnológica” al servicio de la gestión, hacia una “orientación al servicio” basada en escenarios que comprenden profundamente las necesidades humanas; es decir, “de la gestión al servicio”. Por ejemplo, la actualización digital del sistema de aparcamiento con “pago sin contacto” se centra en la eficiencia de la gestión del cobro, mientras que el escenario “Pago después de salir del aparcamiento” prioriza la comodidad y el ahorro de tiempo para el conductor. Este cambio rompe la inercia del tecnocentrismo que refuerza el control, virando hacia una reconstrucción de valor “centrada en las personas”, donde todo “aquello que por habitual se vuelve invisible merece ser cambiado” (Figura 2-18).

(2) La Visión Holística de la Ciudad: de los Departamentos Gubernamentales a la Ciudad como un Todo

La visión holística del Cerebro Urbano requiere naturalmente que la inteligencia urbana identifique desajustes estructurales a través de los datos. Por ejemplo, al cuantificar con precisión el “volumen de vehículos en circulación” (que representa solo alrededor del 10% del parque automotor total), se proporciona una base científica para optimizar las estructuras de espacio, escala e industria. Mediante la regulación en tiempo real de los sistemas de energía y medio ambiente, se ayuda a lograr un equilibrio dinámico en la distribución de la producción, la vida y el entorno ecológico. El concepto de que “la ciudad debe funcionar como un todo” no solo exige derribar barreras entre departamentos para que el gobierno actúe de manera coordinada, sino que también implica que todos los elementos urbanos —gobierno, empresas, sociedad— deben constituir conjuntamente un todo para obtener eficazmente inteligencia urbana y, así, formar decisiones y acciones para un uso eficiente de los recursos. El escenario “Check-in en 30 segundos” del Cerebro Urbano de Hangzhou logró una profunda coordinación



de seis sistemas principales (sistema de check-in, PMS del hotel, control de acceso, transacciones de pago, reservas OTA y venta directa del hotel) a través del sistema central del Cerebro Urbano. En el caso de un grupo hotelero, el proceso de registro, que antes tomaba un promedio de 5 minutos, se redujo drásticamente a 30 segundos. Sus 258 hoteles en Hangzhou se han integrado completamente en el sistema de cultura y turismo del Cerebro Urbano, atendiendo a más de 15 000 personas al día, reduciendo los costes laborales en más de un 30% y eliminando por completo las colas en horas punta. Solo una inteligencia urbana construida bajo una visión holística puede poseer la capacidad de empoderar diversos escenarios.

(3) La cognición del ahorro de recursos: del conocimiento preciso de la situación a la eficiencia en el uso de recursos

El punto de partida de la práctica china del Cerebro Urbano reside en una renovación cognitiva sobre la esencia del ahorro de recursos. La afirmación de que “una sociedad ahorradora de recursos es una revolución social” trasciende la comprensión intuitiva del “ahorro pasivo” tradicional y guía una dirección de cambio sistémico hacia el uso eficiente de los recursos, así como una transformación estructural donde los recursos de datos mejoran la eficiencia en el uso de los recursos naturales. Este concepto innovador se condensa en la práctica en una pregunta clave —“La cuestión del Cerebro Urbano”—: ¿Es posible

• Orientación tecnológica	✓ Orientación a la gobernanza
Acceso con reconocimiento facial →	Acceso en 20 segundos
Check-in automatizado →	Check-in en 30 segundos
Estacionamiento sin percepción →	Salir antes de pagar
Pago en consulta →	Atención médica antes del pago
Pólíticas en línea →	Qinjing en línea
Certificación de datos →	Datos al servicio de las bases
• Centrado en las cosas	✓ Centrado en las personas

Figura 2–18: Posicionamiento y expresión concretos de los escenarios de construcción centrados en las personas del Cerebro Urbano de Hangzhou

Fuente: Elaboración propia del autor

sostener el desarrollo urbano de alta calidad y sostenible con solo el 10% de los recursos urbanos existentes? Prácticas en ciudades como Hangzhou ofrecen una respuesta: del total de vehículos registrados, solo alrededor del 10% está en circulación en tiempo real, mientras que el 90% restante permanece inactivo; el proceso tradicional de registro en un hotel tomaba 300 segundos, pero mediante la optimización colaborativa de datos se redujo a 30 segundos, es decir, el coste en tiempo se redujo precisamente al 10% (Figura 2-19). En 2020, Nanchang, basándose precisamente en la percepción dinámica minuto a minuto del flujo vehicular global y teniendo “una base clara y una situación comprendida”, abolió las restricciones de circulación. Donde hay trabajo, hay datos, y la calidad de los datos refleja la calidad del trabajo. Los datos impulsan a las ciudades a conocer su realidad, y un enfoque centrado en las personas innova en el sistema de indicadores para medir la ciudad, como el “volumen en circulación” o el “índice de congestión”. Estos no solo proporcionan a los departamentos de tráfico una base para la toma de decisiones contra la congestión, sino que también ayudan a los ciudadanos a percibir el estado de la red vial en tiempo real y planificar rutas de manera racional. Esta unificación de la “escala de gobernanza” con la “temperatura percibida” refleja la eficacia que los recursos de datos aportan a una gobernanza refinada.

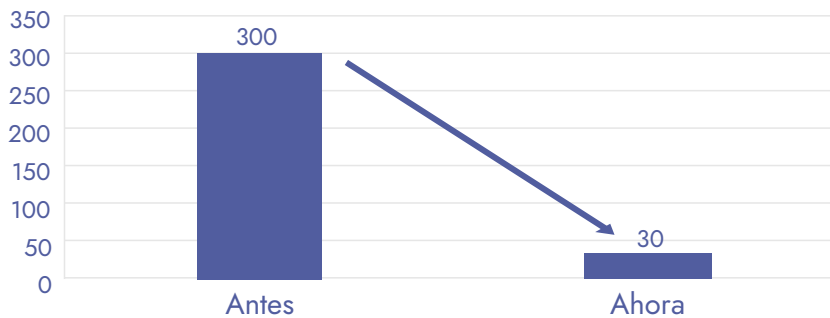
(4) La Reconstrucción de la Confianza: la Transformación Inteligente hacia una Civilización Urbana

El valor de la práctica del Cerebro Urbano reside en reconstruir la confianza social y los mecanismos de crédito a través del empoderamiento de datos, cultivando un nuevo tipo de civilización urbana en la era digital. La transición de “Pagar antes de salir” a “Salir antes de pagar” lo ilustra: la confianza del gobierno es el crédito del ciudadano; el crédito del ciudadano es la civilización de la ciudad.



El registro en el hotel: de 300 a 30 segundos

Tiempo de reservación (segundos)



En línea

- Reserva anticipada
- Selección anticipada de habitación
- Factura predeterminada

Llegar al hotel

- Autoservicio de la recogida de la tarjeta de la habitación

Figura 2-19: El escenario “Check-in en 30 segundos” del Cerebro Urbano de Hangzhou tiene como objetivo ahorrar tiempo a los turistas

Fuente: Elaboración propia del autor

En Hangzhou, el escenario “Salir antes de pagar” aumentó la eficiencia de rotación de los aparcamientos en un 40%, y más del 99,5% de los conductores que utilizan el servicio pagan de forma voluntaria o puntual, con una tasa de impago ínfima. Esto valida la lógica conductual de que “la confianza genera la honestidad”^[102]. Extendida al ámbito social, la confianza ha permitido que en el escenario “Atención médica antes del pago”, el tiempo de respuesta en urgencias se reduzca en un 35%. En escenarios como “Qinqing en Línea” y “Acceso Directo al Bienestar”, el mecanismo de “declaración responsable + verificación posterior” impulsa que las políticas lleguen instantáneamente a empresas e individuos, creando un círculo virtuoso de “Solicitud sin papeleo, aprobación sin intervención humana, desembolso instantáneo, cero daño al crédito”^[103].

Este nuevo tipo de confianza se asienta en tres dimensiones verificables: la transparencia total del proceso a nivel de datos, auditabilidad de las decisiones a nivel algorítmico y la previsibilidad de los resultados a nivel de servicio. Cuando la duración de un semáforo se optimiza mediante un algoritmo global o los subsidios se asignan automáticamente por la coincidencia inteligente, la “buena voluntad” del sistema se convierte en una presencia objetiva y verificable. Esta confianza basada en la certeza del sistema se traduce en un capital social tangible: las empresas se atreven a invertir porque las

políticas se implementan automáticamente, y los ciudadanos están dispuestos a optar por el transporte ecológico porque los datos sobre plazas de aparcamiento son fiables. Cada acto de confianza cumplida reduce los costes de fricción del funcionamiento social, generando un “dividendo de confianza”. Este es precisamente un indicador central del progreso de la civilización urbana y una característica distintiva de la era inteligente.

Finalmente, la relación entre las personas y la ciudad pasa de “la gestión-obediencia” a “la colaboración-coevolución”. La infraestructura de la inteligencia urbana se convierte en un motor para la reforma de la gobernanza (la innovación institucional y de mecanismos) y el cultivo de una cultura humanista, un vínculo que une al gobierno, la sociedad y los ciudadanos, impulsando la gobernanza de la gestión unidireccional a la co-gobernanza plural. Los ciudadanos, a través de la retroalimentación de datos, se convierten en las “terminales nerviosas” de la inteligencia urbana, mientras que la ciudad, mediante servicios precisos, se transforma en un “socio confiable” en la vida de sus habitantes. Este nuevo pacto, basado en la racionalidad técnica y el cuidado humanista, permite que la ciudad, manteniendo la eficiencia de su escala, recupere el calor y la vitalidad de un organismo vivo, encaminándose verdaderamente hacia una nueva forma de civilización confiable y sostenible.





La Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Inteligencia Urbana



Capítulo 3 La Hoja de Ruta para el Desarrollo de la Inteligencia Urbana

03



Impulsar el desarrollo sostenible mediante la construcción de ciudades ahorradoras de recursos tiene como clave lograr una transformación urbana integral e inteligente. La práctica del Cerebro Urbano demuestra que la evolución exitosa de la inteligencia urbana debe seguir el camino de cuatro etapas: “reforma de valores → consolidación de la base de datos → verificación con escenarios → construcción de civilización”.

En primer lugar, se requiere una remodelación de los valores, comprendiendo a fondo que la ciudad es un todo, que los datos son un recurso decisivo y que el objetivo de la inteligencia urbana es garantizar una vida de alta calidad mediante la optimización del uso de los recursos e impulsar el desarrollo urbano sostenible.

En segundo lugar, hay que conocer con precisión la situación real, cuantificando con exactitud el flujo de recursos y la eficiencia de su utilización. El “conocimiento de la situación real” debe desplegarse en tres niveles: el primero, el estado real de los recursos, como la “cantidad de vehículos en circulación” en el tráfico, la tasa de fugas en la red de tuberías de agua y la tasa de rotación de las plazas de aparcamiento; el segundo, el estado real del funcionamiento global de la ciudad, captando en tiempo real los “signos vitales” urbanos; y el tercero, el estado real de los datos operativos y su calidad, convirtiendo el trabajo cotidiano en recursos de datos de alta calidad. En cuanto a las acciones clave, es necesario establecer un plan general y un marco de acción por fases, tomar la construcción de infraestructuras inteligentes como punto de apoyo fundamental, impulsar el perfeccionamiento de dichas infraestructuras y del sistema de gobernanza mediante escenarios concretos, y construir un sistema de seguridad inteligente urbana y de garantías jurídicas.

El impulso mediante escenarios es el paso clave para verificar el valor de la inteligencia urbana. Se deben seleccionar escenarios interdepartamentales y con un alto grado de percepción positiva por parte de la ciudadanía, como “ciudad sin restricciones de circulación” o “atención médica antes del pago”, donde el flujo de datos impulse la reorganización del flujo de trabajo, logrando progresivamente el salto desde los escenarios hasta la inteligencia urbana.

Finalmente, cuando la inteligencia se convierta en una capacidad endógena del organismo urbano, la ciudad desarrollará una forma de civilización basada en la confianza, llevando a cabo una transformación integral que va de la “gobernanza parcial” a la “optimización sistémica”, de la “búsqueda de escala” a la “búsqueda de eficiencia”, y de la “restricción administrativa” a la “activación de la confianza”. Este proceso requiere la construcción gradual de una inteligencia urbana que integre los datos, los modelos y la capacidad de cálculo en un todo trino, complementada con un sistema de seguridad y garantías jurídicas. El valor último de la inteligencia urbana puede verificarse con la “Cuestión del Cerebro Urbano”: ¿es posible apoyar el desarrollo sostenible y de alta calidad de la ciudad con el 10% de los recursos urbanos existentes, logrando la unidad orgánica entre el progreso tecnológico y el valor social?

3.1 Construir Ciudades Ahorradoras de Recursos Basadas en la Inteligencia Urbana

La iniciativa “IA + Ciudad” tiene como objetivo apoyar el desarrollo urbano sostenible y de alta calidad mediante las capacidades de la inteligencia urbana, de una manera eficiente y ahorradora de recursos. Estudios de la ONU señalan que las ciudades eficientes en el uso de recursos pueden aumentar la productividad y la innovación al tiempo que reducen costes y el impacto ambiental^[104]. Para lograr este objetivo, las ciudades deben poseer una capacidad integral de interconexión y gobernanza de datos. Tal como definen académicos como Roche, la “inteligencia urbana” es la capacidad de comprender y gestionar las dimensiones físicas y digitales del “espacio urbano complejo e interconectado”^[105]. Esto implica que el mero despliegue de diversos sensores y tecnologías no garantiza el ahorro de recursos; la verdadera utilidad de la tecnología inteligente solo se materializa cuando la ciudad adopta una perspectiva holística de asignación de recursos.

La ciudad inteligente tradicional se definía como un espacio que combina las tecnologías de la información y las comunicaciones (TIC) con infraestructuras, edificios, objetos cotidianos e incluso los propios ciudadanos para resolver problemas sociales, económicos y ambientales^[112]. Sin embargo, si carecen de una estrategia inteli-

gente integral, estas tecnologías a menudo solo surten efecto de manera aislada, sin mejorar fundamentalmente la eficiencia en el uso de recursos. Por lo tanto, la inteligencia urbana no solo debe prestar atención a la inversión tecnológica, sino también a cómo la tecnología promueve una optimización urbana integral y sistémica. Esta línea de pensamiento coincide con el concepto de “Inteligencia de la Tierra (Earth Intelligence)” propuesto por el Grupo de Observación de la Tierra (GEO) (Figura 3-1). Dicha organización señala que la “Inteligencia de la Tierra” es el proceso de convertir datos brutos de observación en información procesable^[72]: “Hemos pasado de centrarnos exclusivamente en la observación de la Tierra a dedicarnos a la Inteligencia de la Tierra, difundiéndonla a todos en todo el mundo. La transición de datos y observaciones a inteligencia es deliberada, porque sabemos que los datos por sí solos no impulsan la acción”^[106]. El desarrollo de la inteligencia urbana también debe enfocarse en la evolución del dato a la percepción profunda: las ingentes cantidades de datos urbanos solo pueden impulsar una revolución en la eficiencia de los recursos cuando se transforman en una información procesable para la toma de decisiones mediante análisis avanzados e IA, en lugar de quedarse en la mera acumulación de información. Solo integrando la tecnología inteligente en la lógica operativa general de la ciudad se pueden superar las barreras departamentales y sistémicas para lograr una asignación optimizada intersectorial.

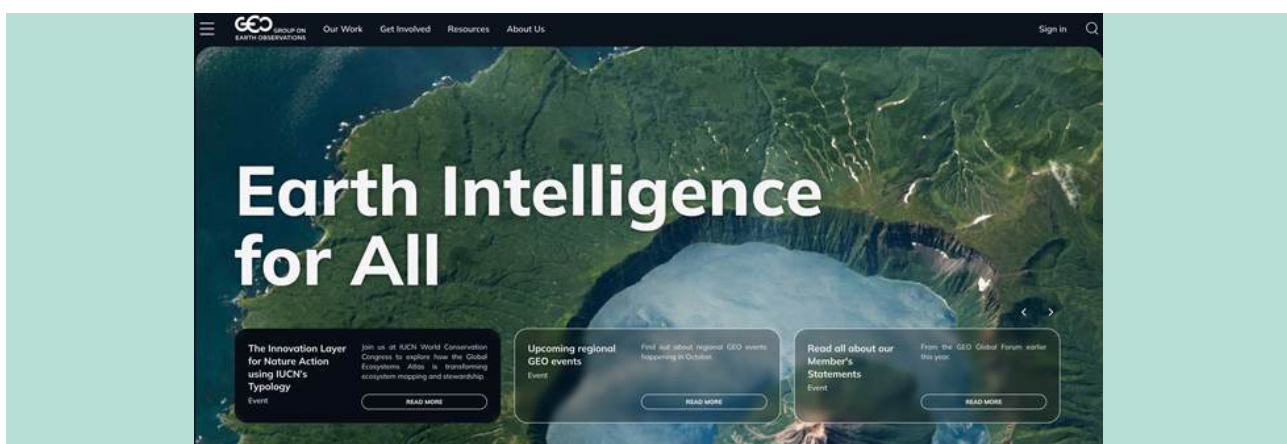


Figura 3–1: El Grupo de Observación de la Tierra (GEO) propone la “Inteligencia Terrestre”

Fuente: Grupo de Observación de la Tierra (GEO)



Esta estrategia de impulsar el ahorro de recursos a través de la inteligencia urbana constituye también un prerequisite técnico clave para alcanzar el desarrollo sostenible. Como se mencionó anteriormente, la eficiencia de recursos debe considerarse dentro del marco del desarrollo humano^[111]. La *Nueva Agenda Urbana* de la ONU aboga por “no dejar a nadie atrás” y por “ciudades inclusivas, seguras, resilientes y sostenibles”. La construcción de inteligencia urbana debe tener como núcleo la mejora del bienestar de la población, integrando la inclusión social y los beneficios ecológicos en la planificación general. Este cambio cognitivo permitirá que el enfoque “centrado en las personas” de la ciudad atienda tanto la creciente demanda como la responsabilidad hacia los recursos finitos, inaugurando así una nueva etapa de desarrollo urbano sostenible.

En la evolución de la inteligencia urbana existen tres niveles distintos: (1) La aplicación básica como una forma elemental, que se refiere a la aplicación de tecnologías de IA en tareas o procesos urbanos específicos, como el reconocimiento de señales de tráfico o el análisis de videovigilancia. Esta modalidad resuelve principalmente problemas técnicos específicos, pero se ve limitada por los “silos de datos” y las barreras departamentales, lo que dificulta una sinergia sistémica y solo ofrece soluciones técnicas parciales. (2) El escenario como la forma avanzada, que toma como unidad un escenario de aplicación concreto e integra los datos de múltiples fuentes y el conocimiento sectorial para construir soluciones sistémicas dirigidas a contextos específicos de gobernanza urbana. (3) La inteligencia urbana como la forma superior, que, mediante la construcción de una red de datos a escala de ciudad y un motor de la inteligencia urbana, logra una gobernanza colaborativa integral que abarca múltiples sectores, departamentos y niveles jerárquicos. Estos tres niveles representan también tres ángulos de observación distintos, por lo que no constituyen necesariamente una progresión temporal secuencial, sino que pueden coexistir. Los

escenarios incluyen, por supuesto, la aplicación de las tecnologías inteligentes, y la relación entre la inteligencia urbana y su aplicación, desde escenarios hasta un panorama completo, es de mutua imbricación y refuerzo.

3.2 Conocer a Fondo la Situación Real es Crucial

“Conocer a fondo la situación real” no es en absoluto una simple labor de estadística, sino la piedra angular y el requisito fundamental de la inteligencia urbana. Consiste en: medir, mediante el pensamiento y las herramientas de datos, el estado operativo real y el stock de recursos de la ciudad como organismo integral en dimensiones específicas, de manera precisa y en tiempo real. De este modo, la gestión difusa y empírica del “a ojo” se transforma en una gestión precisa y cuantificable del “saber”. Este conocimiento exhaustivo abarca principalmente tres niveles: recursos, estado operativo general de la ciudad y datos.

(1) El primer nivel es el inventario de los recursos, sus flujos y la eficiencia de su utilización, es decir, la base de recursos. Por ejemplo, cuántos recursos viarios posee una ciudad; en el flujo de tráfico, no solo interesa el número total de vehículos matriculados, sino, más crucialmente, la cantidad que circula en tiempo real, el “volumen en circulación”. Conocer este dato es conocer la base real del tráfico, lo que permite fundamentar decisiones como la eliminación de restricciones. De igual modo, para flujos de recursos como agua o electricidad, conocer la base es saber cuánta agua se pierde por fugas en la red desde la planta potabilizadora hasta el grifo del usuario. Si se desconoce la tasa de fugas, es imposible lograr un verdadero ahorro. También el flujo espacial: conocer la tasa real de rotación de las plazas de aparcamiento o el uso en tiempo real del espacio público. En el escenario “Un solo aparcamiento para toda la ciudad” de Hangzhou, el cálculo del número total de plazas y del “índice de plazas” pertenece a este ámbito.



(2) El segundo nivel es la base del “estado operativo general de la ciudad”. Su objetivo es responder: “¿Nuestra ciudad, en su conjunto, está ‘sana’ o ‘enferma’ en este preciso momento?”. En cuanto al índice de vitalidad urbana, por ejemplo, durante la pandemia, la percepción en tiempo real del número de vehículos en circulación reflejaba el grado de recuperación de la actividad económica. Que haya 50 000 o 500 000 vehículos en la calle es un indicador directo del “pulso” de la ciudad. En cuanto a la oferta y la demanda de servicios públicos, permite verificar si la demanda en tiempo real de hospitales, escuelas o ventanillas administrativas se corresponde con la capacidad de oferta. También incluye indicadores de la resiliencia sistémica: ¿cuál es la capacidad de absorción y la velocidad de recuperación de los sistemas críticos de la ciudad ante eventos imprevisibles como lluvias torrenciales o epidemias? Esto permite a los gestores urbanos monitorizar los “signos vitales” de la ciudad en tiempo real, como un médico observa un electrocardiograma, logrando una transformación de la gobernanza desde la “respuesta reactiva” hacia la “intervención proactiva”.

(3) El tercer nivel es la base de los “datos operativos y su calidad”, es decir, la base de datos. Este es el fundamento y la garantía para alcanzar los dos niveles anteriores, y busca responder: “¿Qué calidad tienen los datos que genera nuestro propio trabajo cotidiano?”. Donde hay trabajo, hay datos. Cada proceso operativo en el gobierno, las empresas o la sociedad es en sí mismo una fuente de datos. “No tener datos” equivale a admitir que “no se está realizando un trabajo efectivo”. La calidad del dato es la calidad del trabajo: los datos inexactos o desactualizados reflejan caos en los procesos operativos y una ineficiencia en la gestión. Conocer a fondo esta base obliga a las organizaciones, especialmente al gobierno, a rediseñar sus procesos y modernizar su capacidad de gobernanza. El objetivo central es romper los “silos de datos” y transformar los datos operativos de cada departamento en un “combustible” de alta

calidad utilizable para el análisis y la toma de decisiones a nivel de toda la ciudad. Sobre esta base, la colaboración público-privada y social permite visibilizar tanto los datos masivos como los datos de larga cola de la ciudad al servicio de una gobernanza integral.

Conocer a fondo la situación requiere la apertura de datos y su integración compartida. Actualmente, las ciudades de todo el mundo están acelerando la apertura de datos, sentando las bases para una gestión inteligente de los recursos. El informe *Perspectivas Asesoras de las Ciudades Inteligentes 2024* de la ONU señala que el desarrollo de las ciudades inteligentes a nivel global está virando hacia un enfoque centrado en las personas, lo que exige grandes volúmenes de datos cuantitativos y cualitativos^[107]. Para ello, cada vez más ciudades han establecido plataformas de datos abiertos que permiten compartir información sobre los flujos de tráfico, el consumo energético, el uso del agua, la cobertura de zonas verdes, etc., ayudando a los gestores urbanos a dominar los indicadores básicos del consumo de recursos. Estos datos abiertos construyen la “base de Big Data” para la toma de decisiones inteligentes de la ciudad, proporcionando el soporte necesario para futuras aplicaciones de IA.

Paralelamente, el desarrollo de la IA dota a la inteligencia urbana de una capacidad fundamental poderosa. Tal como señalan investigaciones recientes, los avances en modelos de IA y agentes autónomos ofrecen una oportunidad transformadora para repensar la planificación urbana: pueden generar escenarios alternativos de futuro, comprender datos textuales y visuales complejos y actuar como asistentes inteligentes para la planificación urbana^{[108][109]}. En contraste con los métodos tradicionales de planificación basados en reglas, estos modelos fundacionales de IA brindan a la ciudad, por primera vez, la posibilidad de realizar una asignación integral de recursos que abarca desde el diseño estratégico hasta la optimización en tiempo real. Las ciudades pueden utilizar estos



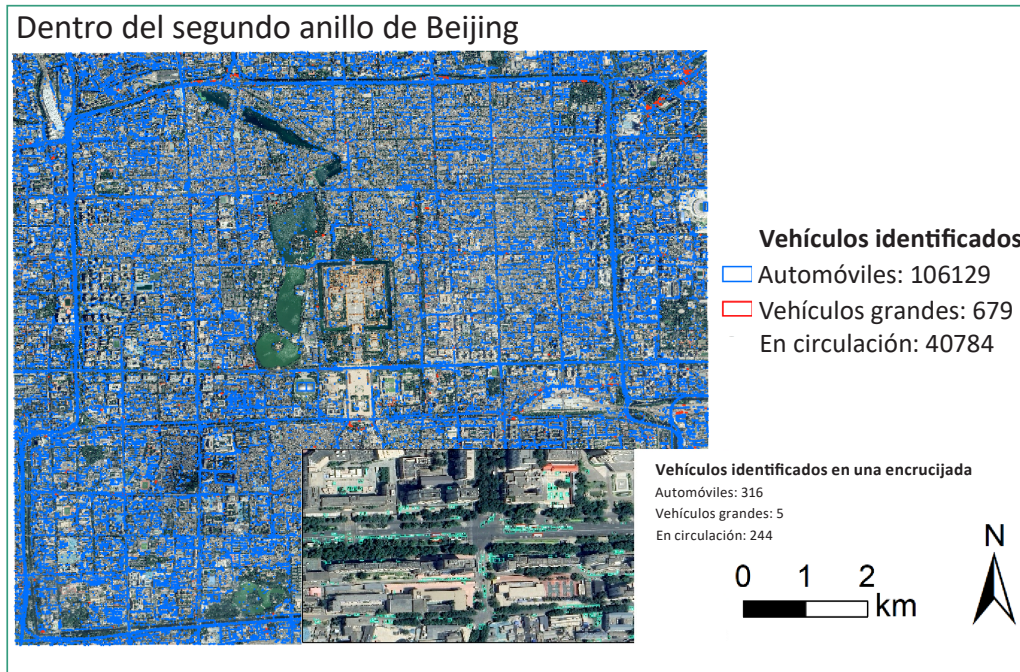


Figura 3-2: La combinación de datos de teledetección satelital y modelos de IA proporciona una solución de bajo coste para la observación urbana: el ejemplo del recuento de vehículos en circulación en el tráfico urbano

Fuente: Elaboración propia del autor a partir de datos de teledetección del satélite WorldView-3

modelos fundacionales para realizar un preentrenamiento con ingentes datos multisectoriales, formando grafos de conocimiento y modelos fundacionales a escala urbana, y dotándose así de capacidades de inteligencia general para la toma de decisiones.

Sobre esta base, la ciudad está en condiciones de lograr una asignación integral de recursos y una revolución en la eficiencia. Unos estudios existentes demuestran que aplicar la IA a ámbitos clave como la optimización de rutas de transporte público, la mejora de la eficiencia energética en edificios, la gestión de la congestión del tráfico y las emisiones, puede crear ciudades más resilientes, bajas en carbono y eficientes en el uso de recursos^[110]. Y una inteligencia urbana impulsada por IA puede alcanzar una optimización colaborativa de problemas globales como el tráfico, la energía o la contaminación con una menor inversión de recursos.

A modo de ejemplo con la Figura 3-2, los datos de teledetección satelital permiten identificar la distribución espacial de vehículos urbanos

y el volumen en circulación. Tomando el área dentro del segundo anillo de Beijing, los datos muestran un total de 106 808 vehículos (106 129 turismos y 679 vehículos grandes), de los cuales 40 784 están en circulación. En horas punta, el volumen real en circulación dentro del segundo anillo de Beijing es inferior a 50 000 vehículos. Aunque los conductores perciben una congestión severa, una gran parte de la superficie vial está en realidad infrautilizada. Esta paradoja —la congestión por un lado y el desperdicio de recursos viarios por otro— obliga a los gestores urbanos a reconsiderar el problema: la causa principal de la congestión no es el número absoluto de vehículos registrados, sino la insuficiente eficiencia en la coordinación sistémica. Mejorar la capacidad de gobernanza y optimizar la eficiencia colaborativa del sistema resulta mucho más importante que implementar medidas simples como las restricciones de circulación, que limitan la libertad de desplazamientos de los ciudadanos.

Según la Figura 3-3, los datos de teledetección satelital de Google Earth permiten identificar

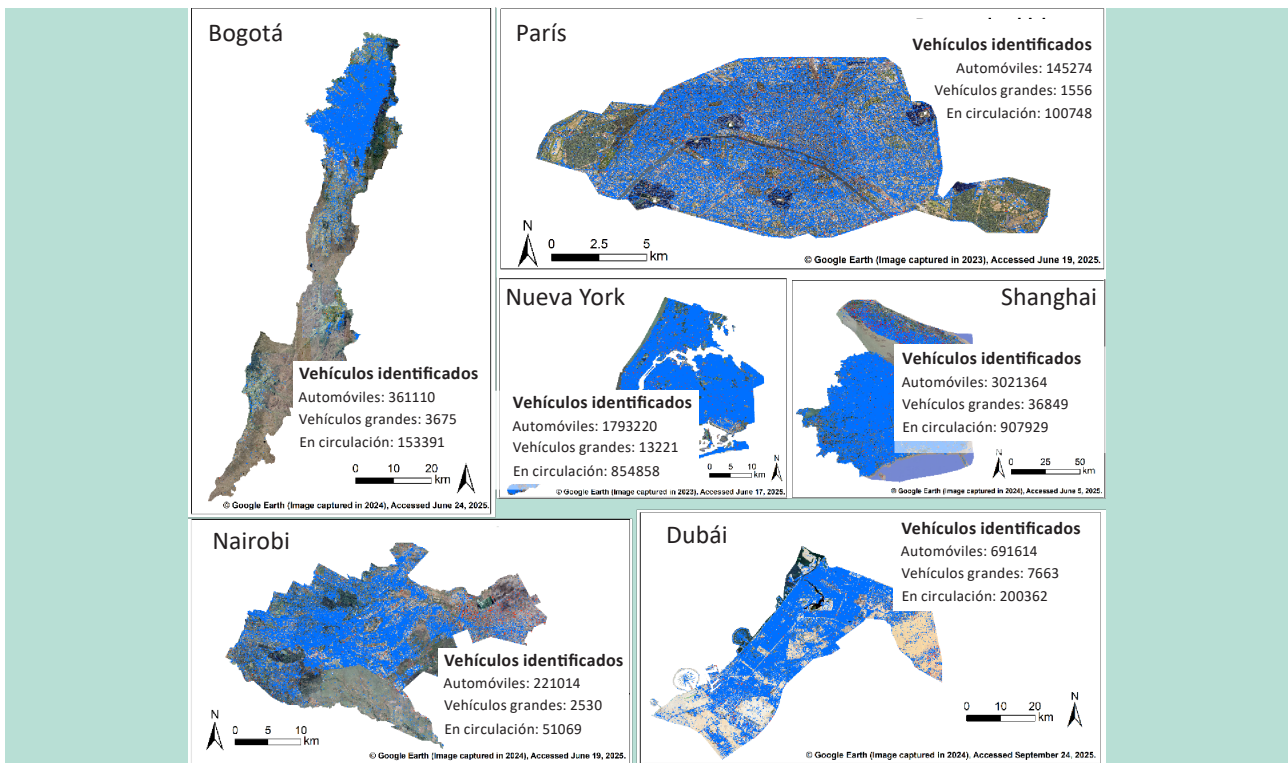


Figura 3-3: Determinación de la situación real basada en datos de teledetección satelital y modelos de percepción física: el ejemplo del monitoreo de la cantidad de vehículos en circulación en ciudades representativas a nivel mundial

Fuente: Elaboración propia del autor a partir de datos de teledetección satelital proporcionados por Google Earth

el número total de vehículos en superficie y el volumen en circulación en varias grandes ciudades. Por ejemplo, el 24 de junio de 2025, el volumen de vehículos en circulación en Bogotá era de 153 391, representando un 42,04% del total; el 19 de junio de 2025, en París era de 100 748, un 68,61%; el 17 de junio de 2025, en Nueva York era de 854 858, un 47,32%; el 5 de junio de 2025, en Shanghai era de 907 929, un 29,69%; el 24 de septiembre de 2025, en Nairobi era de 51 069, un 22,85%; y en Dubái, el mismo día, era de 200 362, un 28,65%. Aparte de París, donde el volumen en circulación supera la mitad del total en superficie, en el resto de ciudades este volumen es inferior a la mitad, e incluso en algunos casos inferior a un tercio. Si la comparación se realizara con el parque automotor total registrado, este porcentaje sería aún menor. Por lo tanto, conocer a fondo la situación real es la capacidad básica de la inteligencia urbana. Basarse de las decisiones de gobernanza en el parque automotor total o en el volumen real en circulación implica

órdenes de magnitud muy diferentes en cuanto a la asignación de recursos, lo que determina si la ciudad se construye y desarrolla mediante un consumo excesivo o de forma eficiente y ahorradora.

En el futuro, la disminución de los costes tecnológicos impulsará aún más el ahorro de recursos. La creciente popularidad de las tecnologías de código abierto reduce la dependencia de las ciudades de hardware costoso. Por ejemplo, la drástica reducción de los costes de lanzamiento y fabricación de satélites ha generado economías de escala, situando los costes de producción y puesta en órbita de pequeños satélites comerciales en el orden de las decenas de miles de dólares^[111]. Tecnologías como la teledetección satelital permiten obtener datos panorámicos urbanos a gran escala y bajo coste. Mientras tanto, las redes distribuidas de sensores de bajo coste (como los de calidad del aire) han mejorado significativamente la cobertura de datos^[112], y un número creciente de satélites



de observación terrestre publican imágenes multiespectrales de acceso libre, proporcionando datos gratuitos para la monitorización del uso del suelo, la vegetación o las islas de calor urbanas. Esto significa que cualquier ciudad del mundo puede prorratear el coste de acceso a los datos espaciales, logrando un uso compartido equitativo y universal de recursos de observación terrestre de alta calidad. Las ciudades de regiones menos desarrolladas pueden obtener información básica sobre el medio ambiente y la infraestructura sin necesidad de costosas redes de sensores terrestres, combinando los datos satelitales con los generados por las redes de sensores y terminales inteligentes existentes en la ciudad. Con ello, se conoce la base real y se construye conjuntamente una base integral de datos sobre el uso de recursos urbanos, sentando las bases para una gestión de recursos posterior. Apoyándose en la inteligencia urbana, hoy más ciudades tienen la oportunidad de dar un salto cualitativo en su desarrollo, lograr una transformación hacia el ahorro de recursos y tomar la iniciativa en el desarrollo futuro.

3.3 La Guía para la Construcción de la Inteligencia Urbana

La inteligencia urbana proporciona la capacidad central para la formación de una ciudad inteligente, y la práctica y la reflexión del Cerebro Urbano han servido de demostración para ello. La evolución de una ciudad común hacia una dotada de “inteligencia urbana” y, a través de ella, hacia un desarrollo de alta calidad centrado en las personas y ahorrador de recursos, no es en absoluto una mera adquisición tecnológica instantánea, sino una profunda revolución en la gobernanza y un proyecto sistémico de gran envergadura.

3.3.1 Las Cuatro Etapas de la Construcción de Inteligencia Urbana

Etapa 1: La Remodelación de Valores y la

Visión Compartida

La remodelación de valores y la visión compartida constituyen la piedra angular del cambio. Antes de cualquier inversión tecnológica, debe completarse primero una transformación en los valores y la cognición. En primer lugar, establecer el principio fundamental de que “la ciudad es un todo”, evitando la fragmentación y la gobernanza en compartimentos estancos. Problemas urbanos como la congestión del tráfico no son competencia exclusiva de un departamento de gestión de tráfico, sino el resultado sistémico de la interacción entre planificación, construcción, gestión y comportamiento ciudadano. Los gestores deben comprender que las fronteras departamentales existen para la especialización funcional, pero el funcionamiento de la ciudad debe ser integral. En segundo lugar, asimilar que “los datos son un recurso determinante”: debe otorgarse al dato el mismo valor que a la tierra o al capital. Los datos no son un subproducto de los sistemas informáticos, sino el producto central del propio trabajo. En tercer lugar, definir claramente el objetivo último de la “inteligencia urbana”: garantizar una alta calidad de vida optimizando el uso de recursos e impulsar el desarrollo urbano sostenible.

Etapa 2: El Conocimiento Preciso de la Situación y la Fundamentación en Datos

Conocer a fondo la situación de los recursos urbanos equivale a construir los “sentidos digitales” de la ciudad. Esta es la fase práctica más decisiva y que requiere mayor paciencia, cuyo objetivo es que la ciudad pase de ser “borrosa” a ser “clara”. En términos de realización, se trata de construir bien la infraestructura inteligente urbana. Los pasos clave incluyen: **(1) Seleccionar áreas clave para “conocer a fondo la situación”**: Por ejemplo, comenzar por el tráfico, como hizo Hangzhou: “contar coches” y “contar plazas de aparcamiento”. Percibir en tiempo real el “volumen en circulación”. Inventariar recursos críticos, monitorizando el flujo y las pérdidas del agua, la electricidad y



la energía. **(2) Construir una plataforma de datos a escala de ciudad:** Centralizar en una plataforma unificada los “datos de situación” obtenidos por los distintos departamentos y sectores. No se trata de una simple migración de datos, sino de lograr la estandarización, la fusión y la computabilidad de los datos en tiempo real. **(3) Desplegar infraestructura de la capacidad de cálculo:** Primero, aprovechar al máximo las infraestructuras existentes y, luego, construir de manera proporcionada y según el principio de necesidad nuevas instalaciones como centros de computación en la nube o de cálculo intensivo, convirtiéndolas en un servicio público básico similar a la red eléctrica, que proporcione la potencia necesaria para procesar ingentes cantidades de datos.

Etapa 3: Impulso por escenarios y gobernanza integral

Los escenarios ayudan a la inteligencia urbana a entrenar sus capacidades en la práctica, resolviendo problemas que la gobernanza urbana tradicional no podía abordar. Sobre la base de un conocimiento parcial de la situación real, se deben seleccionar escenarios donde el malestar ciudadano sea más evidente y la necesidad de colaboración interdepartamental más acuciante para lograr avances significativos, permitiendo que la “inteligencia” de escenarios a pequeña escala valide el valor de una gobernanza inteligente integral. Seleccionar escenarios emblemáticos como “gestión de la congestión”, “atención médica antes del pago” o “salir antes de pagar”. El denominador común de estos escenarios es que involucran a múltiples departamentos, conllevan procesos complejos, pero ofrecen una alta percepción de beneficio y una experiencia para el ciudadano. Y además, impulsar la reorganización de los flujos de trabajo mediante flujos de datos: el escenario de “Check-in en 30 segundos” en Hangzhou logró una reingeniería colaborativa público-privada de procesos, mejorando notablemente la eficiencia del servicio y la experiencia del usuario. La eliminación de las restricciones de circulación en

Nanchang tras conocer a fondo la situación del tráfico en toda la ciudad es un ejemplo paradigmático de gobernanza inteligente integral. Ya no se trata de la optimización de un cruce concreto, sino de una gobernanza sistémica basada en la comprensión de la dinámica global del tráfico urbano.

Etapa 4: El Surgimiento de la Inteligencia y la Forja de una Civilización

Esta etapa conduce hacia la forma superior de la “inteligencia urbana”. Cuando la base de datos es suficientemente sólida y la colaboración interdepartamental se convierte en la norma, la inteligencia urbana en sentido holístico comienza a “emerger”, encaminándose finalmente hacia el objetivo último del desarrollo ahorrador de recursos. (1) De la “gobernanza” a la “optimización”: El sistema ya no se limita a resolver problemas inmediatos, sino que comienza a realizar predicciones y optimizaciones globales. Por ejemplo, el sistema puede simular proactivamente el impacto combinado de una nueva política sobre el tráfico, el medio ambiente y la economía, asistiendo así en la toma de decisiones científicas. (2) De la “optimización” al “empoderamiento”: La inteligencia urbana se convierte en una plataforma abierta que no solo sirve al gobierno, sino que también empodera a empresas y ciudadanos. Los emprendedores pueden desarrollar nuevas aplicaciones utilizando datos de tráfico abiertos; los ciudadanos pueden recibir recomendaciones personalizadas sobre la movilidad, la salud y el estilo de vivir. (3) Formación de mecanismos de confianza y civilización digital: A través de la inteligencia urbana, se forja una confianza mutua entre el gobierno, los ciudadanos y las empresas: la confianza del gobierno genera el crédito del ciudadano, y el crédito del ciudadano es la civilización de la ciudad. Prácticas en escenarios como “atención médica antes del pago” están construyendo precisamente una sociedad de confianza basada en los datos. Cuando la confianza se convierte en el lubricante del funcionamiento social, los costes de transacción



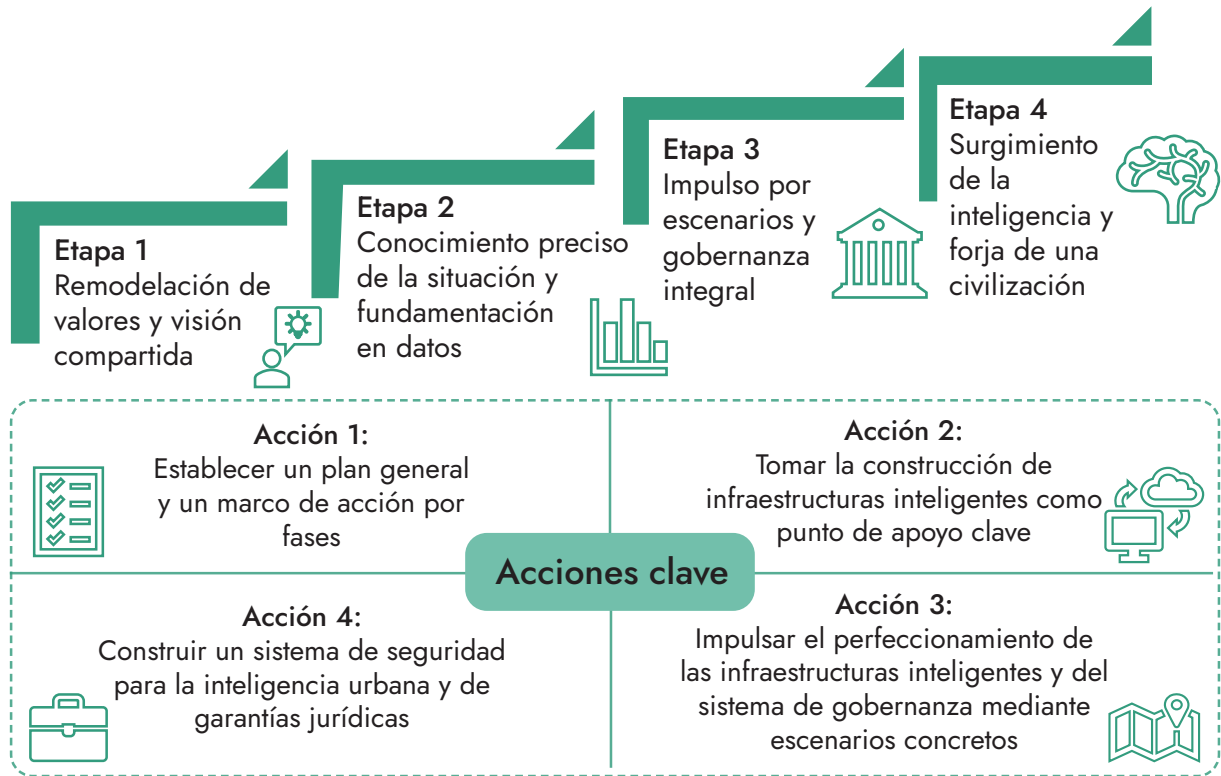


Figura 3-4: Fases de la construcción de la inteligencia urbana y las acciones clave

Fuente: Elaboración propia del autor

de toda la sociedad disminuyen drásticamente y el grado de civilización aumenta, encaminándose verdaderamente hacia un desarrollo de alta calidad y sostenible basado en una “sociedad ahorradora de recursos”.

Independientemente de su dotación de recursos o de su etapa de desarrollo, la evolución de cualquier ciudad hacia la “inteligencia urbana” sigue esencialmente la ruta de “visión compartida → fundamentación en datos → validación por escenarios → forja de civilización”. Exige que los constructores de la ciudad compartan una visión común e integren profundamente la tecnología en la estructura de la gobernanza. El objetivo final no es convertirse en una “ciudad máquina” deshumanizada, sino regresar a la esencia de la ciudad: una comunidad de vida donde los seres humanos puedan congregarse de manera más eficiente, feliz y sostenible (Figura 3-4).

3.3.2 La Estructura y las Tecnologías Clave de la Inteligencia Urbana

La estructura de la inteligencia urbana se construye orgánicamente a partir de la integración sistémica de los datos, los modelos y la capacidad de cálculo. Esta arquitectura permite transformar los recursos de datos y las capacidades técnicas, originalmente dispersos en diferentes departamentos y sistemas, en una capacidad estable de servicio público orientada a escenarios complejos de gobernanza como el transporte, la energía, el medio ambiente o las emergencias. De este modo, se mejora sistemáticamente a escala urbana la eficiencia en la asignación de recursos, la eficacia de la gobernanza y el nivel de bienestar social. Esta arquitectura integral —“instalaciones de cómputo – red de datos – motor inteligente” hasta el “escenario”— sienta las bases clave para que la inteligencia urbana transite de la capacidad técnica a la capacidad de gobernanza (Figura 3-5).

Las instalaciones de cómputo constituyen la fuerza productiva subyacente y el límite de capacidad para el funcionamiento de la inteligencia urbana. Por un lado, el entrenamiento



Mapa tecnológico panorámico de "IA + Ciudad"		
Pilares	Tecnologías clave	Capacidades fundamentales
Instalaciones de capacidad de cálculo	<p>Programación de capacidad de cálculo a escala urbana</p> <p>Servicios de computación en la nube</p> <p>Estructura de capacidad de cálculo heterogénea</p> <p>Constelación de cálculo, plataforma de capacidad de cálculo, centro de supercomputación</p>	<p>Cálculo continuo en línea a escala urbana</p> <p>Capacidad de simulación y proyección a gran escala</p> <p>Capacidad de procesamiento de flujo de datos de múltiples fuentes</p>
Observación urbana	<p>Observación desde el espacio (teledetección satelital)</p> <p>Observación terrestre/cercana a la Tierra (percepción multimodal y por video)</p> <p>Percepción social (datos de señalización móvil, tráfico, pagos, etc.)</p>	<p>Pasar de la "observación de una sola ciudad" a la "capacidad de transferencia entre ciudades"</p> <p>Pasar del "monitoreo estático" a la "caracterización de la evolución dinámica"</p> <p>Pasar de la "percepción puntual" a la "percepción de campo continuo"</p>
Centro de datos	<p>Fusión semántica y modelado del conocimiento</p> <p>Fusión de datos espacio-temporales urbanos</p> <p>Fusión de datos heterogéneos de múltiples fuentes</p> <p>Alineación, integración y representación unificada de datos multimodales</p>	<p>Coherencia cognitiva interdepartamental tipo "una sola semántica"</p> <p>Sistema unificado de indicadores urbanos de tipo "un solo conjunto de datos"</p> <p>Mapa básico de operación urbana tipo "un solo mapa"</p>
Motor inteligente	<p>Sistema de decisión multiagente</p> <p>Modelo de proyección dinámica urbana</p> <p>Modelo de percepción estática urbana</p> <p>Modelos fundacionales urbanos (LLM, modelos multimodales)</p>	<p>Sopesamiento de objetivos múltiples (eficiencia - equidad - seguridad - bajas emisiones de carbono)</p> <p>Comparación y optimización de múltiples soluciones</p> <p>Proyección de escenarios y simulación anticipada de riesgos</p>
Servicios por escenarios	<p>Servicios públicos (salud, educación, turismo cultural, etc.)</p> <p>Operación urbana (tráfico, electricidad, etc.)</p> <p>Planificación urbana (resiliencia, bajas emisiones de carbono, etc.)</p>	<p>Provisión de servicios personalizados centrados en las personas</p> <p>Capacidad de gobernanza integral optimizada y eficiente en recursos de la ciudad</p> <p>Ciclo cerrado de "percepción - cognición - decisión - ejecución - retroalimentación"</p>
Garantía de seguridad	<p>Seguridad en la gobernanza (revisión ética de IA, trazabilidad de la responsabilidad en las decisiones, etc.)</p> <p>Seguridad del sistema (computación confiable, seguridad de la plataforma en la nube, etc.)</p> <p>Seguridad del modelo (detección y corrección de sesgos del modelo, defensa contra ataques adversarios, etc.)</p> <p>Seguridad de los datos (desensibilización de datos, espacio de datos confiable, etc.)</p>	<p>Tecnología y gobernanza orientadas al bien en igual medida</p> <p>Prevención del "descontrol inteligente"</p> <p>Prevención de la "caja negra" de algoritmos/ modelos</p> <p>Prevención de la fuga y el uso indebido de datos</p>

Figura 3-5: Mapa tecnológico panorámico de "IA + Ciudad"

Fuente: Elaboración propia del autor



de modelos fundacionales urbanos, el análisis acoplado intersectorial y las simulaciones a largo plazo dependen de una capacidad estable de procesamiento por lotes a gran escala y centralizada. Por otro lado, escenarios como la optimización de señales de tráfico, la gestión de emergencias o la regulación de la carga energética exigen una capacidad de inferencia en línea de baja latencia, a nivel de segundos o incluso milisegundos. Esto plantea nuevos y más exigentes requisitos a los sistemas de cómputo urbano. Por consiguiente, el sistema de cómputo urbano debe adoptar una arquitectura jerárquica y colaborativa, complementada con un sistema unificado de la gestión de recursos y la eficiencia energética. A nivel de gobernanza, debe establecer simultáneamente un fondo común de capacidad de cálculo público, las reglas transparentes de asignación y los mecanismos regionales de asistencia mutua en cómputo, priorizando los escenarios de emergencia pública, el bienestar ciudadano y las operaciones básicas, para evitar que la desigualdad en el acceso al cómputo amplifique aún más la brecha de capacidad digital entre ciudades.

La red de datos es la piedra angular digital para que la ciudad “conozca a fondo su situación” y logre una optimización integral de la gobernanza. Las ciudades modernas ya acumulan ingentes cantidades de datos heterogéneos y de fuentes diversas, que abarcan desde la teledetección satelital, la percepción terrestre y cercana a la superficie, la percepción móvil y social, hasta datos administrativos y estadísticos. Sin embargo, su valor para la gobernanza depende de la capacidad de transformarlos en un sistema unificado de activos de datos “computables, interoperables y gobernables”. Para ello, debe construirse una plataforma de datos a escala de ciudad que incluya una arquitectura básica de gestión unificada de metadatos, indexación espacio-temporal y procesamiento unificado de flujos y lotes. Sobre esta base, debe desplegarse una capa de interoperabilidad semántica (ontología urbana, grafos de conocimiento e incrustaciones semánticas espacio-temporales),

integrando elementos centrales como transporte, energía, medio ambiente, suelo y población en un marco semántico unificado, lo que reduce significativamente los costes de fricción en la fusión de datos intersectoriales y el análisis conjunto.

El motor inteligente, basado en modelos de IA, es el núcleo crucial para que la ciudad transite de la fase “perceptible” a las fases “cognoscible, simulable y decidible”. El motor de inteligencia urbana estará finalmente compuesto por un sistema colaborativo de múltiples familias de modelos, incluyendo específicamente: primero, los modelos multimodales de percepción física, para la representación unificada y la incrustación espacio-temporal de datos como teledetección o vídeo; segundo, los modelos de percepción del comportamiento social, para caracterizar con precisión los flujos de población, las elecciones de comportamiento y la respuesta a la demanda; tercero, los modelos de simulación dinámica, para realizar predicciones a corto plazo, simulaciones de impactos cruzados entre sistemas y evaluaciones contrafactuales; y cuarto, modelos de conocimiento urbano, para extraer eficientemente conocimiento experto de las normativas, los estándares y los planes urbanos existentes.

El funcionamiento fiable y a largo plazo de la inteligencia urbana debe estar respaldado por una “doble garantía” compuesta por un sistema de seguridad y un sistema legal. En el ámbito de la seguridad, debe construirse una arquitectura de seguridad integral que cubra toda la cadena: “datos – modelo – cómputo – aplicación – personas”, reforzando sistemáticamente la seguridad y privacidad de los datos, la seguridad de algoritmos y modelos, la seguridad de la capacidad de cálculo e infraestructura crítica, así como la ciberseguridad y la resiliencia del sistema en operaciones colaborativas entre departamentos. En el ámbito legal, debe perfeccionarse simultáneamente un marco normativo e institucional adaptado a la inteligencia urbana, clarificando los límites de titularidad, las responsabilidades de uso y los mecanismos de rendición de cuentas sobre



datos y modelos, estableciendo el principio de prioridad del interés público e incorporando en los procedimientos legales requisitos de transparencia algorítmica, explicabilidad y auditabilidad. Mediante la autorización legislativa, los estándares técnicos y la supervisión continua, se debe evitar que las “cajas negras” tecnológicas erosionen la legitimidad, equidad y trazabilidad de las decisiones públicas. Solo con el avance coordinado de la seguridad y el estado de derecho, la inteligencia urbana podrá, al tiempo que mejora la eficiencia, contar con un entorno institucional estable, fiable y sostenible a largo plazo.

3.3.3 La Guía de Acciones Clave

Acción 1: Establecer un Plan Maestro y un Marco de Actuación por Fases

En primer lugar, formular una planificación sistemática y una prospectiva orientada a lograr una gobernanza urbana integral mediante la inteligencia urbana. Definir claramente la visión, los objetivos y la hoja de ruta de implementación para el desarrollo de la inteligencia urbana, proporcionando una guía estratégica para la implementación de la Nueva Agenda Urbana de la ONU y el Objetivo de Desarrollo Sostenible ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles). La planificación debe adoptar como concepto central la “gobernanza integral”, rompiendo el paradigma tradicional de la fragmentación departamental y diseñando la ciudad de manera coordinada como un todo orgánico. En concreto, se puede construir un sistema de planificación “1 + 3 + X”: “1” corresponde a un plan maestro de gobernanza integral de la ciudad, que establezca la dirección general y los indicadores clave de la transformación inteligente; “3” corresponde a tres objetivos de fase interconectados y progresivos —escenario básico, escenario integrado e inteligencia urbana (Tabla 3-1)— definiendo las tareas clave de cada etapa para asegurar la coherencia entre la evolución inteligente y el desarrollo sostenible; “X” se refiere a X tipos de esquemas de gobernanza por escenarios, que cubran áreas específicas como el transporte,

la energía, el medio ambiente o los servicios públicos, garantizando que la planificación sea tanto sistémica como operativa.

Acción 2: Tomar la construcción de infraestructura inteligente como palanca clave

La infraestructura inteligente constituye la base de datos, modelos y capacidad de cálculo para la gobernanza integral de la ciudad, y su construcción debe promoverse de manera sistemática y coordinada. Tomando como ejemplo la construcción de las plataformas “Tramitación Unificada en Una Red” y “Gestión Unificada en una Sola Red” de Shanghai, su fase inicial se centró en establecer estándares unificados de intercambio de datos y mecanismos de colaboración operativa. Posteriormente, se fueron integrando progresivamente los sistemas operativos de los distintos departamentos, formando finalmente una red colaborativa que cubre todos los ámbitos de la gobernanza urbana. En este proceso, debe avanzarse simultáneamente en la construcción de la infraestructura subyacente: en el ámbito de la red de datos, establecer un catálogo de recursos de datos a escala de ciudad y mecanismos de intercambio, eliminando las barreras de datos entre departamentos; en el ámbito del motor inteligente, construir una librería de modelos fundacionales urbanos y modelos sectoriales específicos, desarrollando una capacidad de “Modelo como Servicio” (MaaS); en el ámbito de las instalaciones de cómputo, construir una red de capacidad de cómputo distribuida que satisfaga las diversas necesidades de cómputo de los diferentes escenarios. Cabe destacar que la construcción de infraestructura inteligente debe evitar el “construir por construir” y orientarse por las necesidades reales de los escenarios de aplicación, generando un círculo virtuoso de “demanda que impulsa capacidad — capacidad que profundiza aplicación”, asegurando que la construcción de infraestructura esté estrechamente alineada con las necesidades de gobernanza urbana y logrando una transición del “impulso tecnológico” al “impulso por demanda”, proporcionando así un soporte sólido para la gobernanza integral de la ciudad.



Tabla 3-1: Tabla de progresión de la construcción de la inteligencia urbana

Etapas	Características	Símbolos esenciales
Escenario Básico	Tomar escenarios concretos como punto de partida y, guiándose por las demandas de las tareas, construir tecnologías inteligentes a escala de escenario.	Se ha formado básicamente una red de datos y un motor inteligente orientados a escenarios específicos, en los que el motor inteligente adopta principalmente la forma de “modelos de dominio vertical” para permitir el ajuste preciso por escenarios.
Escenario Integral	Fase crítica de transición en la evolución de la inteligencia urbana, cuyo objetivo es integrar las capacidades de gobernanza por escenarios, antes dispersas, en una solución sistémica a escala de ciudad.	Se forma una red de datos y un motor inteligente compartidos por múltiples escenarios, en los que el motor inteligente adopta principalmente una arquitectura de fusión de “modelo fundacional urbano + modelos multiescenario”.
Inteligencia Urbana	La inteligencia urbana alcanza su madurez, y la ciudad adquiere la capacidad de evolución dinámica propia de un organismo vivo, pudiendo llevar a cabo de manera eficiente una asignación integral y sistémica de los recursos.	Se completa la red de datos urbanos y el motor inteligente, formándose una capacidad integrada de “modelo fundacional urbano + modelos de múltiples dominios”.

Acción 3: Impulsar el perfeccionamiento de la infraestructura inteligente y el sistema de gobernanza mediante escenarios concretos

Los escenarios son el punto de partida práctico de la evolución de la inteligencia urbana. Debe aprovecharse la mejora de la eficacia en escenarios de gobernanza específicos para impulsar el perfeccionamiento de la infraestructura inteligente y la remodelación del sistema de gobernanza. Seleccionando escenarios típicos como la congestión del tráfico, la atención a las personas mayores en la comunidad o la respuesta de emergencia ante inundaciones, se puede verificar la eficacia real de las tecnologías inteligentes, identificar carencias y, a partir de ahí, impulsar de manera focalizada la construcción de infraestructuras y la innovación institucional. Tomando como ejemplo la práctica de “Circulación sin restricciones” de Nanchang, la ciudad sustituyó las políticas tradicionales de restricción por medios inteligentes. Durante su funcionamiento, se constató que la mera optimización de señales de tráfico era insuficiente para gestionar la complejidad del tráfico, lo que llevó a introducir la función de “reportar con un clic” en la aplicación de participación ciudadana “i Nanchang” y a impulsar la integración de datos de múltiples departamentos como tráfico,

seguridad pública y meteorología. Esto permitió construir un sistema de percepción de la situación del tráfico a escala urbana, mejorando no solo la eficacia de la gobernanza, sino también promoviendo la colaboración interdepartamental y la reingeniería de procesos. De manera similar, en Hangzhou, la “ola verde” circular evolucionó de una señalización de tiempo fijo a un ajuste dinámico en tiempo real, lo que a su vez forzó el perfeccionamiento continuo de la red de percepción del tráfico y de la capacidad algorítmica. Los escenarios básicos deben ir acompañados de mecanismos de evaluación científica que conformen un ciclo cerrado de “aplicación – evaluación – mejora”. Mediante el principio de “construir usando y mejorar según resultados”, se evitan inversiones ciegas y se asegura que la construcción responda siempre a necesidades reales.

Una vez que los escenarios han demostrado su eficacia, la ciudad debe dar el salto sistémico del “escenario” al “panorama completo”. La clave reside en la integración de escenarios y el establecimiento de mecanismos intersectoriales de intercambio de datos y colaboración operativa. A nivel técnico, debe apoyarse en el motor inteligente para interconectar datos y capacidades de decisión de múltiples



escenarios, como la optimización coordinada de redes de puntos de recarga entre tráfico y energía, o la vinculación entre emergencias por las altas temperaturas y la planificación urbana para optimizar el diseño espacial. A nivel de gobernanza, deben rediseñarse los procesos de colaboración interdepartamental, fomentando una gobernanza colaborativa orientada a la resolución de problemas. La “Gestión Unificada en una Sola Red” de Shanghai, que se expandió desde una gestión de cuadrícula hasta un sistema colaborativo de tres niveles que integra a más de 30 departamentos —“Centro de Gestión de Operaciones Urbanas – Centros de Mando Distritales – Estaciones de Trabajo en Barrios y Poblaciones”— ejemplifica el tránsito de la gestión de escenarios aislados a la gobernanza panorámica de la ciudad. En este proceso, debe primar el establecimiento previo de estándares, unificando criterios de datos y procesos. Asimismo, debe reforzarse la orientación humana, diseñando flujos de servicio de multiescenarios a partir de las necesidades de ciudadanos y empresas, como los servicios integrados del tipo “trámites de apertura de empresa en un solo paso”. Mediante esta evolución colaborativa del escenario al panorama completo, la ciudad puede ir conformando gradualmente una capacidad de gobernanza sistémica e integral, logrando una transformación fundamental desde la “gestión fragmentada” hacia la “gobernanza orgánica integral”.

Acción 4: Construir un sistema de seguridad y garantías legales para la inteligencia urbana

A medida que aumenta el nivel de inteligencia urbana, los riesgos de seguridad se vuelven cada vez más complejos y diversos, haciendo imprescindible la construcción de un sistema de seguridad integral y multifacético. Dicho sistema debe avanzar de manera coordinada en dos dimensiones: la tecnología orientada al bien y la gobernanza orientada al bien, para alcanzar el objetivo de desarrollo “centrado en las personas, seguro y fiable”.

En la dimensión de tecnología orientada al bien,

debe reforzarse prioritariamente la seguridad en tres ámbitos: datos, algoritmos y sistemas. Mediante la clasificación y etiquetado de datos y la gestión de todo su ciclo de vida, se protege la información sensible y se exploran espacios de datos confiables y mecanismos de intercambio de datos supervisados. Aumentando la transparencia y explicabilidad de los algoritmos y realizando auditorías de algoritmos críticos, se previenen sesgos y discriminación. Reforzando la protección multinivel de redes e infraestructuras, e introduciendo sandbox y pruebas de referencia, se mejora la seguridad general del sistema. En la dimensión de gobernanza orientada al bien, deben perfeccionarse los mecanismos de revisión ética, participación pública y supervisión y rendición de cuentas, garantizando que las aplicaciones inteligentes se ajusten a los valores sociales y a los principios internacionales de derechos humanos. Al mismo tiempo, debe fomentarse la colaboración en seguridad entre departamentos y sectores, mejorando la capacidad de identificación temprana, alerta temprana y respuesta temprana a los riesgos. El informe *Gobernando la IA para la Humanidad* publicado por la ONU en septiembre de 2024^[113] señala que la gobernanza de la IA debe basarse en la *Carta de las Naciones Unidas*, el derecho internacional de los derechos humanos y otros compromisos internacionales acordados (como los Objetivos de Desarrollo Sostenible). Los mecanismos de participación pública garantizan el derecho de los ciudadanos a la información y a la participación en las decisiones inteligentes, reforzando la confianza social y reflejando el principio de “participación inclusiva”.

La garantía legal es la piedra angular institucional para la inteligencia urbana y la gobernanza integral. No solo proporciona un entorno estable para la innovación tecnológica, sino que también ofrece un respaldo normativo para romper los silos de datos y clarificar responsabilidades, asegurando la orientación de valor “centrada en las personas, segura y fiable”. Los resultados de la implementación del *Reglamento de Promoción de la Gobernanza Urbana mediante el Cerebro*



Urbano de Hangzhou demuestran plenamente el papel crucial de la garantía legal para la gobernanza integral de la ciudad (Figura 3-6). Bajo la regulación y el liderazgo del Reglamento, el Cerebro Urbano de Hangzhou ha logrado tres grandes transformaciones: primera, el paso de la “compartición voluntaria de datos departa-

mentales” a la “colaboración de datos legalmente obligatoria”, utilizando la fuerza coercitiva de la ley para derribar barreras departamentales y convertir la colaboración de datos en una obligación inexcusable. Segunda, la transición de la “innovación impulsada por la tecnología” a la “innovación garantizada institucionalmente”,

Reglamento de Promoción de la Gobernanza Urbana mediante el Cerebro Urbano de Hangzhou

(Aprobado el 27 de octubre de 2020 en la trigésima sesión del Comité Permanente de la XIII Asamblea Popular Municipal de Hangzhou; Ratificado el 27 de noviembre de 2020 en la vigésima quinta sesión del Comité Permanente de la XIII Asamblea Popular Provincial de Zhejiang)

Artículo 1. Con el fin de promover y normalizar la labor de potenciación de la gobernanza urbana mediante el Cerebro Urbano, proteger los derechos e intereses legítimos de los ciudadanos, las personas jurídicas y otras organizaciones, impulsar la innovación en los medios, los modelos y los conceptos de gobernanza, promover la modernización del sistema y la capacidad de gobernanza urbana, y construir una nueva ciudad inteligente, se formula el presente Reglamento de conformidad con las leyes y reglamentos pertinentes, y en atención a las circunstancias concretas de esta ciudad.

Artículo 2. El presente Reglamento se aplicará a la labor de potenciación de la gobernanza urbana mediante el Cerebro Urbano y a las actividades relacionadas dentro de la demarcación administrativa de esta ciudad.

Artículo 3. A los efectos del presente Reglamento, se entiende por Cerebro Urbano el sistema digital y la infraestructura urbana moderna compuesta por elementos como el sistema central, los sistemas y las plataformas, el panel de control digital y los escenarios de aplicación, que, tomando los datos, la capacidad de cálculo y los algoritmos como base y soporte, y empleando nuevas tecnologías como el Big Data, la computación en la nube y la cadena de bloques, impulsa la modernización integral, en todo el proceso y en todos los ámbitos del sistema y la capacidad de gobernanza urbana.

Artículo 4. La labor de potenciación de la gobernanza urbana mediante el Cerebro Urbano deberá regirse por los principios de planificación unificada, construcción intensiva, servicio a la ciudadanía y a las empresas, impulso de la innovación, gobernanza inteligente integral, y seguridad y controlabilidad.

Artículo 5. El Gobierno Municipal Popular deberá reforzar el liderazgo y la coordinación de la labor de potenciación de la gobernanza urbana mediante el Cerebro Urbano, incorporarla al plan de desarrollo económico y social nacional, y estudiar y formular las políticas correspondientes.

Los gobiernos populares de los distritos y los pueblos (ciudades) serán los responsables de impulsar y coordinar la labor de potenciación de la gobernanza urbana mediante el Cerebro Urbano dentro de sus respectivas demarcaciones administrativas.

.....

Figura 3-6: Reglamento local *Reglamento de Promoción de la Gobernanza Urbana mediante el Cerebro Urbano de Hangzhou*

Fuente: Sitio web de la Asamblea Popular de Hangzhou www.hzrd.gov.cn



proporcionando un entorno institucional estable para la iteración continua del Cerebro Urbano. Tercera, el cambio de la “gestión unidireccional del gobierno” a la “gobernanza colaborativa de múltiples actores”, construyendo, mediante la clarificación de derechos y responsabilidades, un marco legal para la participación conjunta del gobierno, las empresas y los ciudadanos en la gobernanza urbana.

3.4 Las Perspectivas Futuras de la Inteligencia Urbana

En el marco de la ONU, la IA y el cambio climático global se han convertido en los dos temas centrales de la agenda mundial, y la inteligencia urbana está estrechamente relacionada con ambos. El gráfico superior muestra en curva azul oscuro el crecimiento exponencial de las emisiones globales de carbono desde la década de 1950 (un aumento que no se originó en la Revolución Industrial temprana, cuando el consumo de recursos era limitado, sino que acompañó la aceleración del proceso de electrificación), con un pico correspondiente al objetivo de China de alcanzar el máximo de emisiones de carbono para 2030, mientras que la línea roja marca el umbral de emisiones necesario

para lograr la neutralidad de carbono en 2050 o 2060 (Figura 3-7). Los datos históricos indican que la mayoría de los avances tecnológicos del siglo pasado aumentaron el consumo de recursos y las emisiones de carbono. Sin embargo, en las próximas tres o cuatro décadas, debemos lograr emisiones netas cero con una curva de descenso aún más pronunciado, un desafío formidable que subraya la urgencia de la transformación. Solo a través de la transformación digital y el cambio sistémico que aporta la inteligencia urbana se podrá superar el paradigma tecnológico tradicional e impulsar eficientemente el proceso de reducción de emisiones, en lugar de perpetuar el antiguo modelo de altas emisiones. La “Cuestión del Cerebro Urbano” —“¿Es posible sostener el desarrollo urbano de alta calidad y sostenible con solo el 10% de los recursos urbanos existentes?”— representa tanto la capacidad como la visión de la inteligencia urbana.

De cara al futuro, la evolución de la inteligencia urbana trascenderá el ámbito de la mera optimización técnica para convertirse en una revolución del paradigma de desarrollo urbano impulsada centralmente por la eficiencia en el uso de recursos. Su objetivo fundamental es impulsar un desarrollo sostenible e inclusivo mediante la

Emisiones anuales de CO₂ (unidad: miles de millones de toneladas)

Incluye las emisiones de CO₂ procedentes de la combustión de combustibles fósiles y de procesos industriales; no incluye las emisiones por cambio de uso del suelo.

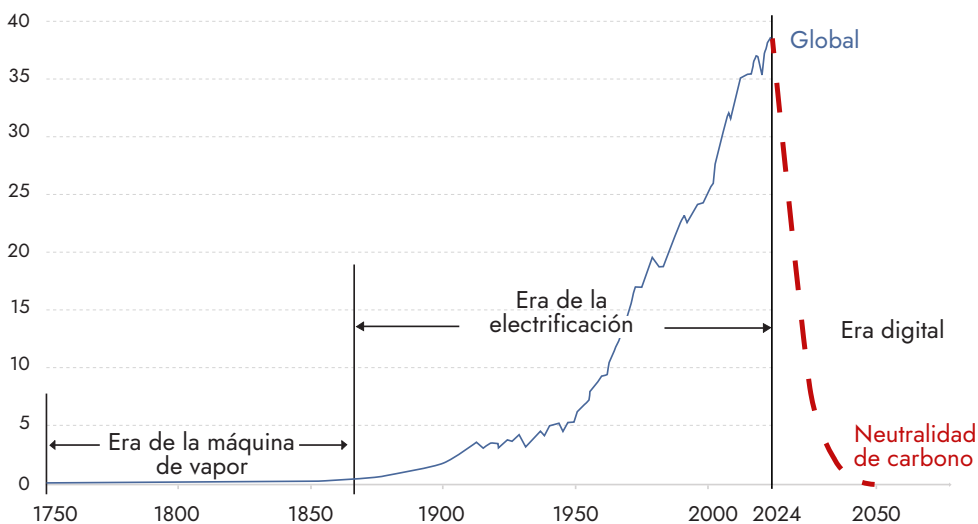


Figura 3-7: La era digital ofrece la posibilidad de alcanzar la neutralidad de carbono mediante la inteligencia urbana de forma ahorradora de recursos y eficiente

Fuente: Elaboración propia del autor a partir de gráficos del sitio web “Our World in Data”



“inteligencia urbana”, dotando a la ciudad de una capacidad similar a la de un organismo vivo para la “cognición integral, la sinergia global y la evolución autónoma”, superando así la dinámica que vincula linealmente el consumo de recursos con el desarrollo urbano en los modelos de urbanización tradicionales. Se trata de dotar a la ciudad de su propio cerebro y utilizar la inteligencia urbana para realizar una “reconstrucción digital” de su funcionamiento, con el fin de lograr un ahorro extremo y una asignación eficiente de los recursos a escala global. Mediante el “sustrato digital” que cubre la ciudad, el uso de recursos tradicionales como la electricidad, el agua, el transporte o el suelo podrá ser modelado con precisión, monitorizado en tiempo real y optimizado dinámicamente. Las señales de tráfico dejarán de ser temporizadores aislados para convertirse en neuronas del equilibrio dinámico global del flujo de tráfico; el consumo energético de los edificios no será una carga pasiva, sino un participante activo en la regulación flexible de la red eléctrica. Esta revolución sistémica en la eficiencia de los recursos es la única vía para que las ciudades se liberen de las cadenas del crecimiento extensivo y avancen hacia un desarrollo sostenible y de alta calidad.

Sobre la base de principios generales y tecnologías comunes, cada ciudad puede configurar una forma de inteligencia urbana adaptada a sus necesidades y características específicas. Más significativamente aún, la combinación de la lógica de ahorro y eficiencia energética de la inteligencia urbana con una ética global de equidad y compartición contribuirá a fomentar el desarrollo colaborativo entre ciudades, y es previsible la formación de un ecosistema global de inteligencia urbana de código abierto. Desde la concepción de una ciudad como un todo hasta la consideración del conjunto de ciudades globales como un todo, las ciudades líderes tienen la responsabilidad de abrir al mundo, especialmente a las ciudades de países en desarrollo, sus algoritmos inteligentes validados, arquitecturas de plataforma

y experiencias de gobernanza, así como datos, modelos y capacidad de cómputo, en calidad de “bienes públicos digitales urbanos”. Esta acción empoderará directamente a las ciudades de desarrollo más tardío, permitiéndoles adquirir a bajo coste y con alta eficiencia las capacidades clave para mejorar la eficiencia en el uso de recursos, evitando así repetir el camino de “alto consumo, alta contaminación” y afrontando conjuntamente la crisis climática. Esto no es solo una transferencia tecnológica, sino una opción ética a nivel global para evitar la duplicación de infraestructuras y el desperdicio de recursos, aunando la inteligencia colectiva para abordar los desafíos del desarrollo sostenible. Este cambio ya está en marcha; por ejemplo, los costes de fabricación y operación de satélites se han reducido drásticamente, reduciendo aún más la brecha tecnológica. Es previsible que los futuros sistemas de inteligencia urbana dependan de plataformas satelitales compartidas: las ciudades no necesitarán construir sus propias y costosas redes de detección, sino que, a través de redes satelitales compartidas, obtendrán información ambiental, climática y de infraestructura en tiempo real, accediendo a inteligencia de datos a un coste marginal ínfimo. Esto supondrá un fuerte impulso para la difusión y el acceso universal a la inteligencia urbana.

Finalmente, el éxito de una futura ciudad dotada de un alto grado de inteligencia urbana no se medirá únicamente por la prosperidad económica, sino por la maximización del bienestar de la población, la calidad ambiental y la resiliencia urbana con un consumo mínimo de recursos por unidad. La ciudad se transformará de un enorme sujeto consumidor de recursos en un ente orgánico capaz de autooptimizarse y regenerarse continuamente. Esto marca nuestro tránsito desde una civilización urbana industrial que perseguía la “expansión de escala” hacia una civilización urbana digital definida por la inteligencia, medida por el bienestar y compartida por todos.





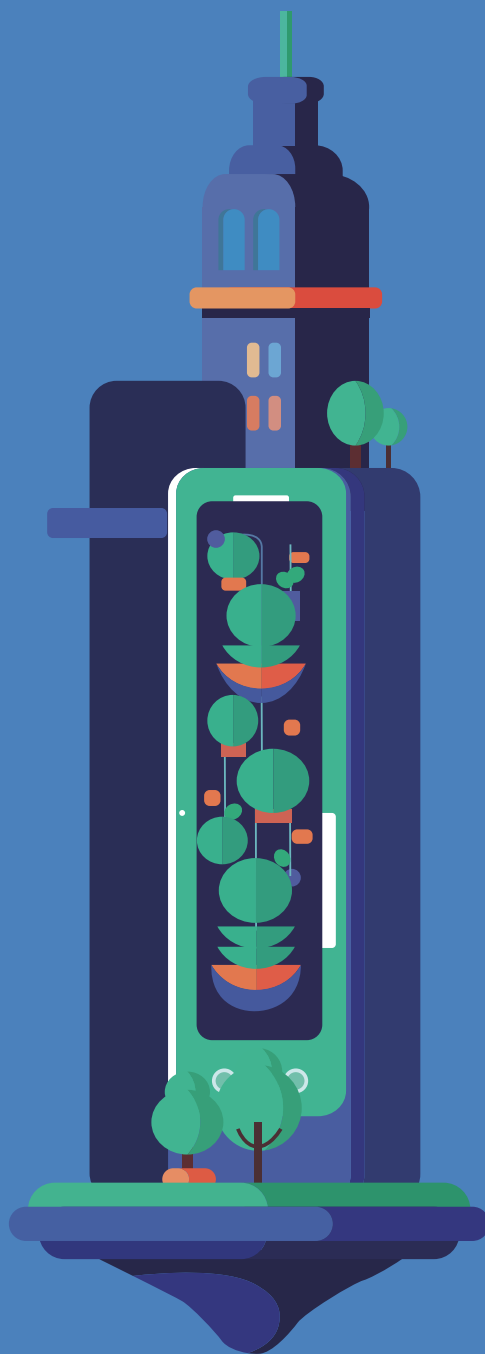
Los Estudios de Casos



Capítulo 4 Los Estudios de Casos

04

Este capítulo presenta, a través de seis casos urbanos y seis casos de escenarios, las formas y etapas de "IA + Ciudad", centrándose en cuatro aspectos: los problemas, los objetivos y la visión, las estrategias de implementación y los resultados e inspiraciones en relación con los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, con el fin de proporcionar estrategias y soluciones chinas para que otras ciudades del mundo impulsen la construcción de la inteligencia urbana.



4.1 Los Casos Urbanos

4.1.1 Hangzhou: la Exploración del Desarrollo Urbano Sostenible Basado en el Concepto de “Cerebro Urbano”

(1) Contexto y problemática

En 2016, con el fin de atajar de forma sistémica los problemas que aquejan a las ciudades, Hangzhou comenzó una exploración sin precedentes abordando el problema de la congestión del tráfico. En aquel momento, el parque automotor de la ciudad alcanzaba los 2.598 millones de vehículos, y la tasa de vehículos por cada mil habitantes era la más alta entre las capitales provinciales del país, lo que convertía a Hangzhou en una de las ciudades más congestionadas de China; sin embargo, los medios tradicionales de gestión del tráfico difícilmente podían erradicar la congestión. Al mismo tiempo, los datos de la administración pública estaban dispersos, la gestión urbana era pasiva y presentaba retrasos, los riesgos

ocultos eran difíciles de detectar a tiempo y los ciudadanos esperaban una vida urbana más inteligente y eficiente. Ante la presión demográfica, de recursos y medioambiental, Hangzhou necesitaba con urgencia una nueva vía de gobernanza basada en la innovación integrada interdepartamental, con el fin de mejorar la eficiencia operativa de la ciudad, perfeccionar los servicios para el bienestar público y lograr un desarrollo sostenible coordinado entre la economía y el medio ambiente.

(2) Objetivos y visión

Hangzhou se propuso construir el “Cerebro Urbano de Hangzhou”, utilizando los datos urbanos para analizar la situación global de la ciudad en tiempo real, distribuir los recursos públicos, perfeccionar la gobernanza e impulsar el desarrollo sostenible. Su visión es “una ciudad que piensa, una vida mejor; recursos optimizados, máxima eficacia en la gobernanza”. El Reglamento de Promoción de la Gobernanza Urbana mediante el Cerebro Urbano de Hangzhou de 2020 definió el Cerebro Urbano como “un



Figura 4-1: Ejemplo de la vista panorámica urbana mostrada en el panel de control digital del Cerebro Urbano de Hangzhou 1.0

Fuente: Oficina de Gestión de Recursos de Datos de Hangzhou



sistema digital y una infraestructura urbana moderna que impulsa la modernización integral, en todo el proceso y en todos los ámbitos del sistema y la capacidad de gobernanza urbana". Mediante una plataforma de datos públicos inteligente e integrada, se logra compartir datos, promover la colaboración operativa entre departamentos, potenciar la construcción de escenarios y realizar una asignación científica y eficaz de los recursos urbanos^[114].

(3) Estrategia de implementación

En primer lugar, se construyó la infraestructura del "Cerebro Urbano", coordinando los recursos de toda la ciudad mediante un sistema central. Se integraron los sistemas de datos de más de 50 departamentos, rompiendo barreras y logrando el intercambio de datos y la programación unificada (Figura 4-1). Apoyándose en la solución "plataforma + Big Data + IA", la gestión urbana se transformó en una gobernanza colaborativa basada en datos, mejorando el aprovechamiento de los recursos públicos y la eficacia de la gobernanza. La experiencia de Hangzhou con el Cerebro Urbano se condensó en un lenguaje legislativo replicable, unificando criterios y logrando, mediante la legislación, la fuerza "promotora" del Cerebro Urbano para potenciar la gobernanza urbana^[115].

En segundo lugar, se perfeccionó el modelo operativo "un cerebro para gobernar la ciudad, empoderamiento en ambos extremos", guiado por escenarios. Con el objetivo de que fuera "útil, fácil de usar, deseable y duradero", se buscaron pequeños puntos de partida para construir grandes escenarios, prestando atención a la eficacia práctica de las aplicaciones, la toma de decisiones inteligente y la capacidad de hacer llegar los servicios de forma directa. Los escenarios son la expresión digital concreta del empoderamiento de la gobernanza urbana por el Cerebro Urbano; mediante la colaboración de datos, la puesta en línea de recursos y la reingeniería de procesos, se construyen aplicaciones multisectoriales que resuelven

problemas y demandas específicas, acumulando y sedimentando la capacidad de gobernanza urbana, impulsando la innovación del modelo de gobernanza y construyendo de forma integral un sistema de servicios de acceso directo. Se creó el concepto pionero de "escenario", explorando una vía general para la gobernanza digital. Se desarrollaron escenarios de aplicación como "Qinqing en Línea", Viaje Feliz, Salir antes de Pagar y Gobernanza de barrios, formando una solución sistémica de gobernanza digital para megaciudades^[116].

En tercer lugar, se construyó la capacidad de modernización de la gobernanza de megaciudades mediante la inteligencia urbana. Se cultivaron más de 10 agentes inteligentes como Qinqing Xiao Q, Hang Xiao Yi y Hang Min Xing, y se continuó perfeccionando la base del sistema de gobernanza de "tres redes unificadas": la "Tramitación Unificada en Una Red" se centra en construir la ciudad con el mejor entorno de negocios; la "Gestión Unificada en una Sola Red" se enfoca en construir la ciudad más segura; y la "red unificada de cogobernanza" se centra en elevar el nivel de los servicios públicos, impulsando una arquitectura de sistema más científica y escenarios de aplicación más efectivos, para avanzar hacia la modernización de la gobernanza de las megaciudades.

(4) Resultados e inspiraciones

Tras casi una década de práctica, el Cerebro Urbano de Hangzhou ha logrado resultados notables. En la eficiencia de la gobernanza urbana, la congestión del tráfico mejoró: mientras el parque automotor aumentó un 65%, el índice de congestión se mantuvo prácticamente sin cambios; se optimizaron las olas verdes en vías importantes, y en 2024 la ciudad ganó el premio "Movilidad" en los World Smart City Awards. En la seguridad pública, Hangzhou se convirtió en una de las ciudades de respuesta más rápida del país; el mecanismo de gestión rápida de accidentes redujo el tiempo de respuesta de la policía de unos 20 minutos a menos de 5, y los



riesgos ocultos se detectan con antelación. Se construyó una base digital de seguridad urbana, se lanzaron 45 aplicaciones y se formaron los correspondientes factores e indicadores de monitoreo. En los servicios gubernamentales, al interconectar datos interdepartamentales, se situó a la vanguardia en iniciativas como “una sola visita como máximo” y “red unificada de trámites”, mejorando el entorno de negocios y la satisfacción ciudadana. En la economía digital, se impulsó el surgimiento de empresas locales de IA y servicios en la nube, se atrajo el talento digital, y en 2024 el valor añadido de los sectores clave de la economía digital representó el 28.8% del PIB. Más importante aún, propició un cambio en la filosofía de gobernanza, pasando del modelo de liderazgo gubernamental único a un nuevo modelo de gobernanza colaborativa.

La práctica del Cerebro Urbano de Hangzhou se alinea profundamente con múltiples Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) de la ONU, incluyendo el ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), el ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), el ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas) y el ODS 13 (Acción por el clima). En septiembre de 2025, en el tercer Foro de Ciudades Futuras de los BRICS celebrado en Moscú, el Cerebro Urbano de Hangzhou recibió el premio “Comunidades y Ciudades Sostenibles”. Esta innovación práctica ofrece cuatro inspiraciones: en primer lugar, persistir en un enfoque centrado en las personas y orientado a los problemas, midiendo los resultados por el sentimiento de ganancia y satisfacción de la ciudadanía. En segundo lugar, enfocarse en la construcción de soluciones sistémicas digitales e inteligentes para mejorar el sistema y la capacidad de gobernanza. Frente a una megaciudad con una población residente de 12,38 millones y una población diaria media atendida superior a los 16 millones, se logró coordinar integralmente los datos básicos masivos de todos los niveles y departamentos, interconectando sistemas y datos, y alcanzando, mediante la colaboración de datos, operativa y

público-privada, el acceso directo al bienestar, a los beneficios empresariales y a la gobernanza de base. En tercer lugar, presentar medidas concretas de actuación, colaboración, ahorro y legalidad: “actuación” significa optimizar los recursos públicos urbanos con datos, como contar primero los vehículos para descongestionar el tráfico; “colaboración” es hacer que la ciudad sea un todo orgánico mediante la coordinación de datos, operativa y organizativa; “ahorro” es reducir el desperdicio de recursos urbanos y aumentar la eficiencia en su uso, proporcionando energía de forma precisa para el desarrollo sostenible; y “legalidad” consiste en formar un marco normativo y legal en torno a los datos y los sistemas inteligentes, garantizando la seguridad y el desarrollo en la misma dirección.

4.1.2 Shanghai: la Transformación de la Gobernanza de Megaciudades de la Digitalización a la Inteligencia

(1) Contexto y problemática

Como una metrópoli internacional y un centro económico con más de 24 millones de habitantes^[117], Shanghai asume la misión estratégica de construir una “capital digital internacional”. Ante el desafío de una complejidad creciente en la gobernanza de una megaciudad, el modelo tradicional de actuación departamental aislada dificultaba las gestiones ciudadanas, la toma de decisiones gubernamentales carecía de precisión y la contradicción entre oferta y demanda se agudizaba. A finales de 2020, el Comité Municipal del Partido y el Gobierno Municipal de Shanghai publicaron las *Opiniones sobre la Promoción Integral de la Transformación Digital Urbana de Shanghai*, dando inicio formal a la práctica de transformación digital sistémica de la megaciudad.

(2) Objetivos y visión

El Plan de Desarrollo Quinquenal para la Promoción Integral de la Transformación Digital Urbana



de Shanghai^[118], publicado en 2021, estableció el sistema de objetivos “1+4”. El objetivo general es: para 2025, la promoción integral de la transformación digital urbana de Shanghai habrá logrado resultados notables, posicionándose como ciudad de referencia digital de primer nivel internacional y líder nacional, y se habrá construido básicamente una arquitectura digital urbana compuesta por una base numérica urbana con interconexión de base, centro y plataforma; un cuerpo numérico urbano que integra la digitalización de la economía, la vida y la gobernanza; y una gobernanza numérica urbana de “cogestión plural” entre el gobierno, el mercado y la sociedad. Se habrá logrado inicialmente una transformación digital urbana con un cambio profundo en la producción y la vida, el empoderamiento de los elementos de datos en todo el territorio y una remodelación integral de conceptos y reglas, formando el marco básico de la capital digital internacional y sentando bases sólidas para construir en 2035 una capital digital internacional con la influencia mundial. Además, se incluyen 16 indicadores concretos en cuatro áreas. Este sistema de objetivos se ciñe al concepto de “ciudad del pueblo, para el pueblo”, centrando la digitalización en las necesidades de producción y vida de la población para que los ciudadanos tengan una mayor sensación de ganancia. Al mismo tiempo, unas normativas como el *Reglamento de Datos de Shanghai* garantizan la seguridad de los datos, la protección de la privacidad y la sincronización con la innovación tecnológica, asegurando una transformación sólida.

(3) Estrategia de implementación

Construcción de la base digital integral: Shanghai se centró en construir una nueva base digital urbana, con la idea central de coordinar recursos y construir una ciudad inteligente. Se crearon un sistema central de datos urbanos, una red de percepción AIoT y una plataforma de tecnologías habilitadoras generales como “base digital”. La plataforma de “Gestión Unificada en una Sola Red” de la operación urbana es

el “cerebro central” de la gobernanza digital; iniciada en 2019 a nivel municipal, ya había integrado sistemas operativos y aplicaciones de múltiples departamentos, conectando la red de gobernanza de tres niveles, concentrando operaciones y conectando un gran número de dispositivos de percepción IoT, recopilando datos de la operación urbana y logrando una percepción panorámica en tiempo real. Paralelamente, se impulsó la construcción de la plataforma de “Tramitación Unificada en Una Red” de servicios gubernamentales, integrando asuntos, rompiendo barreras y haciendo posible un flujo de datos eficiente y la aprobación colaborativa. En 2021 se promulgó el *Reglamento de Datos de Shanghai* para proporcionar una base legal para la gobernanza de datos. Durante el avance, se prestó atención a la colaboración entre múltiples actores, como el mecanismo de “descubrimiento y patrocinio” para atraer participación en la resolución de problemas, y la creación de plataformas para ofrecer servicios de interfaz de datos. Se construyó preliminarmente una arquitectura de tres capas de “base digital + centro inteligente + escenarios de aplicación”, dando lugar a una sinergia de transformación digital en todo el municipio.

Servicios digitales centrados en las personas: La transformación digital de Shanghai está impregnada del concepto de “ciudad del pueblo”, centrándose en las necesidades de ciudadanos y empresas. La reforma de la “Tramitación Unificada en Una Red” facilita las gestiones a la ciudadanía, integrando una multitud de servicios con la cobertura completa, un alto volumen de tramitación, usuarios activos, y promoviendo certificados y sellos electrónicos para reducir materiales y tiempo de gestión, con alto grado de satisfacción. Se construyó un sistema de servicios digitales para la vida que cubre todo el ciclo vital, desplegando escenarios de vida digital en múltiples campos; en el ámbito sanitario se ofrecen diversos servicios y facilidades para las personas mayores.

Gobernanza inteligente orientada a la sosteni-



bilidad: Al impulsar la transformación digital, Shanghai presta gran atención al desarrollo verde y a la resiliencia urbana. La tecnología digital mejora la eficiencia energética urbana y reduce las emisiones de carbono, por ejemplo, mediante la construcción de una plataforma de gestión energética inteligente, con notables efectos de ahorro energético en algunos edificios públicos y en el sector industrial. La plataforma de “Gestión Unificada en una Sola Red” refuerza la capacidad de percepción y prevención de riesgos medioambientales y de seguridad, logrando alertas tempranas. Los medios digitales optimizan la estructura de desplazamiento y desarrollan el transporte bajo en carbono, reduciendo el índice de congestión en horas punta. El desarrollo de la economía digital sigue principios sostenibles y evoluciona hacia un modelo verde y bajo en carbono.

(4) Resultados e inspiraciones

En los últimos años, la transformación digital urbana de Shanghai ha dado resultados notables, y la eficacia de la gobernanza y la competitividad integral de la ciudad han mejorado continuamente. En la gobernanza, apoyándose en la plataforma de “Gestión Unificada en una Sola Red”, Shanghai ha construido un sistema de operación urbana de “tres niveles de plataforma y cinco niveles de aplicación”, logrando percepción integral, previsión inteligente y coordinación de recursos de la operación urbana. El Centro de Gestión de Operaciones Urbanas ha conectado 185 sistemas y 730 aplicaciones de 50 departamentos, formando una plataforma general de operación urbana en tiempo real que integra “observación, gestión y prevención”. En servicios públicos, a finales de 2023, el portal general de la “Tramitación Unificada en Una Red” integraba 3705 servicios, de los cuales 3326 se podían realizar completamente en línea, con una tasa de tramitación en línea real del 82.9% y una tasa de satisfacción del 99.94%. La integración de servicios en el Delta del Río Yangtsé avanza con fluidez, logrando el reconocimiento mutuo de 40 tipos de certificados electrónicos, la tramitación

interprovincial de 171 servicios y la apertura de 895 ventanillas presenciales específicas^[119]. En el ámbito del desarrollo económico, Shanghai se ha posicionado activamente como un polo de economía digital. En 2023, el valor añadido de las industrias estratégicas emergentes del municipio alcanzó los 1,16925 billones de yuanes, un aumento interanual del 6.9%, representando el 24.8% del PIB. La digitalización avanza hacia la inteligencia, favoreciendo el florecimiento de aplicaciones como “IA+manufactura”. En 2025, Shanghai publicó el *Plan de Implementación para Acelerar el Desarrollo de “IA+Manufactura”*^[120] y lanzó la iniciativa “Moldeando Shanghai IA+Manufactura”, para impulsar la integración profunda de la IA y la manufactura, potenciar la nueva industrialización y cultivar nuevas fuerzas productivas de calidad.

La práctica de transformación digital e inteligente de la megaciudad de Shanghai responde plenamente al ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas) y ODS 13 (Clima y medio ambiente). Ofrece las siguientes inspiraciones: primera, planificación de alto nivel y avance coordinado, formulando un sistema de tareas e indicadores “1+3+6” y planificando simultáneamente los tres ámbitos de la economía, la vida y la gobernanza; segunda, la potenciación de datos y garantía jurídica actuando en paralelo, gestionando eficazmente los recursos de datos y proporcionando soporte legislativo; tercera, poner en práctica el importante concepto de “la ciudad del pueblo la construye el pueblo, la ciudad del pueblo es para el pueblo”, con la satisfacción ciudadana como el único estándar; cuarta, combinar escenarios piloto e innovación tecnológica, priorizando asuntos de alta frecuencia para formar un círculo virtuoso; y quinta, construir un ecosistema de gobernanza plural, alentando a los agentes del mercado, las organizaciones sociales y la ciudadanía a participar conjuntamente en la transformación digital, y cultivando un entorno de innovación abierta.



4.1.3 Shenzhen: la Distribución Inteligente de Recursos Educativos Urbanos

(1) Contexto y problemática

Shenzhen, como megaciudad de alta densidad de población, experimentó un aumento explosivo de la población en edad escolar de aproximadamente el 100% entre 2010 y 2024, agudizando la contradicción entre oferta y demanda de recursos educativos. La asignación de recursos educativos enfrentaba un triple desafío: primero, en la configuración espacial, la distribución dinámica de la población estaba desfasada respecto a la ubicación estática de las escuelas, dando lugar a la coexistencia de “plazas escolares escasas” e “instalaciones ociosas”; segundo, en recursos de los datos, la información clave sobre terreno y edificios estaba dispersa en distintos departamentos y no se actualizaba de forma sincronizada, limitando la toma de decisiones precisa; tercero, en coordinación, los largos procesos interdepartamentales dificultaban una respuesta rápida a las necesidades educativas cambiantes. Esto no solo elevaba el coste de los servicios públicos, sino que también restringía la equidad educativa y el desarrollo urbano sostenible. Cómo, mediante la tecnología inteligente urbana, convertir los recursos educativos en elementos públicos compartibles y lograr un “suministro preciso y equilibrio dinámico” se convirtió en el núcleo de la optimización de la eficiencia de los recursos educativos.

(2) Objetivos y visión

Shenzhen se ha propuesto construir un sistema inteligente de toma de decisiones para la planificación educativa “basado en datos y orientado a las personas”. El objetivo general es, apoyándose en la base digital urbana, crear una plataforma central de IA y formar una gestión de ciclo cerrado de “monitoreo dinámico → ajuste de planificación → suministro focalizado”, para mejorar el nivel de servicio de las instalaciones educativas y la científicidad de su distribución, contribuyendo en última instancia

a que Shenzhen sea una ciudad referente en la felicidad y el bienestar para la población.

(3) Estrategia de implementación

El proyecto se ha llevado a cabo siguiendo la estrategia de “diseño de alto nivel e implementación por capas”. Primero, se consolidó la base de datos: se construyó un modelo 3D de alta precisión de todo el territorio municipal, y mediante la codificación espacial unificada se integraron datos de múltiples fuentes, estableciendo una base de datos temática de “parcela – edificio – vivienda – persona – instalación”, que permite la gestión precisa y el intercambio interdepartamental de información clave. Segundo, se construyó un sistema de modelos: orientado a las necesidades de planificación de la educación obligatoria, se desarrollaron de forma integrada una serie de modelos profesionales de IA, como la estimación de oferta y demanda de plazas, el análisis de cobertura de áreas de servicio y la optimización de la ubicación de instalaciones, proporcionando soporte cuantitativo para la distribución de recursos. Tercero, se creó una cadena de decisión inteligente: apoyándose en un centro unificado de IA, los modelos de evaluación se transformaron en agentes inteligentes, construyendo una cadena de decisión de ciclo cerrado. El sistema puede realizar alertas automáticas y vinculación entre múltiples partes, mejorando enormemente la velocidad de respuesta y la precisión de la planificación (Figura 4-2).

(4) Resultados e inspiraciones

Esta solución ha mejorado significativamente lo científico de la planificación educativa y la eficacia de la gobernanza. El sistema integra en el sistema de monitoreo y evaluación 794 unidades estándar municipales, cerca de 3000 escuelas y aproximadamente 21 millones de habitantes, proporcionando una base científica para optimizar la distribución y aliviando eficazmente el desequilibrio en la oferta y demanda de plazas escolares. La eficiencia en la planificación

Planificación urbana de Shenzhen – Sistema Integrado para la planificación de instalaciones educativas

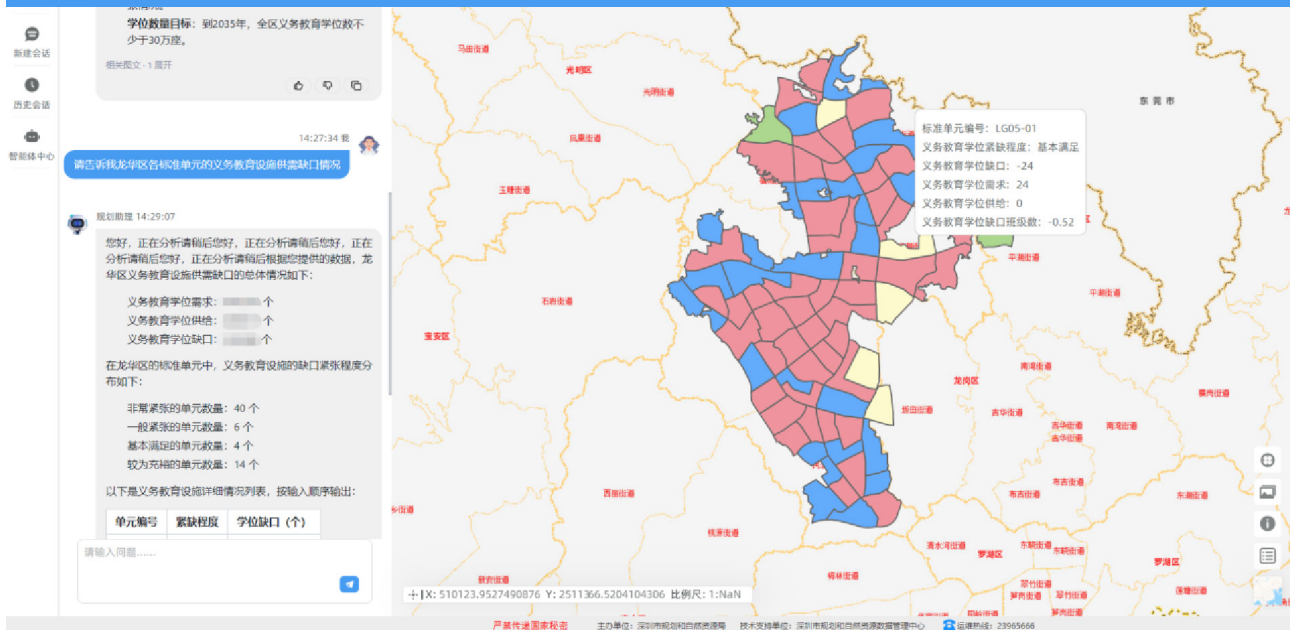


Figura 4-2: Evaluación de microanálisis de la distribución de la planificación de instalaciones educativas de Shenzhen
Fuente: Centro de Gestión de Datos de Planificación y Recursos Naturales de Shenzhen

ha experimentado una mejora revolucionaria: el sistema ha apoyado la aprobación de más de 500 proyectos, reduciendo el tiempo de revisión urbanística de varios días a varias horas, lo que supone un incremento de la eficiencia de aproximadamente el 50%.

El plan de distribución inteligente de recursos educativos de Shenzhen responde con precisión a los desafíos planteados por el aumento explosivo de la población en edad escolar y está estrechamente relacionado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, en particular con el ODS 4 (Educación de calidad), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 10 (Reducción de las desigualdades). Es una fuente de inspiración en el modelo de gobernanza: mediante dos innovaciones centrales, la “correlación integral de todos los elementos de datos del territorio” y el “centro de IA impulsado por un modelo híbrido de gran escala”, el proyecto resolvió los problemas de datos y coordinación de la planificación tradicional, permitiendo a Shenzhen entrar en una nueva era de planificación basada en “decisiones basadas en datos

y participación inclusiva”.

4.1.4 Guangzhou: la Gobernanza Urbana de Precisión Potenciada por IA

(1) Contexto y problemática

Guangzhou, como megaciudad de alta densidad de población, enfrenta desafíos comunes a escala global: fragmentación y desperdicio de tres tipos de recursos de gobernanza (físicos, de datos y sociales). Primero, la fragmentación de recursos físicos: los drones y otros equipos eran ocupados de forma aislada por distintos departamentos; la tasa de utilización del espacio aéreo de baja altura no llegaba al 40%, y las inspecciones redundantes provocaban un desperdicio anual de recursos. Segundo, el aislamiento de los recursos de datos: los formatos de datos interdepartamentales no eran uniformes y no se podían vincular; por ejemplo, la desconexión entre datos medioambientales y de gestión urbana hacía que la trazabilidad de la contaminación fuera ineficaz. Tercero, los fallos en la colaboración de recursos sociales: la gober-



nanza era mayoritariamente “reactiva”, faltaban canales de participación ciudadana y resultaba difícil lograr una gobernanza precisa y oportuna.

(2) Objetivos y visión

Ante estos puntos débiles, el Instituto de Investigación y Diseño de Planificación Urbana de Guangzhou, manteniendo la visión de hacer el uso de los recursos de gobernanza urbana más “eficiente, justo y sostenible”, construyó un sistema de gobernanza inteligente integrado “aire-tierra”. El objetivo es transformar recursos dispersos en elementos públicos compartibles. Su meta central mediante el sistema “Ojo de Águila de Guangzhou” es: primero, mejorar la tasa de utilización del espacio aéreo de baja altura; segundo, lograr una respuesta rápida para la gobernanza en todo el territorio; tercero, construir una plataforma de datos interdepartamental para mejorar la eficiencia en la toma de decisiones; cuarto, reducir los costes operativos urbanos y establecer interfaces de participación pública, formando un ecosistema de gobernanza de “liderazgo gubernamental y cogestión social”.

(3) Estrategia de implementación

Se ejecutó en tres fases: la primera fase consistió en construir una plataforma unificada y una base digital. Se implementó un sistema

centralizado de servicios integrados con drones, logrando la programación unificada de todos los equipos del territorio, y se construyó una base gemela digital apoyada en un motor GIS 3D espacio-temporal, proporcionando un marco espacial de alta precisión (Figura 4-3). La segunda fase: el desarrollo de algoritmos y la potenciación de escenarios. Se desarrolló una biblioteca de modelos de reconocimiento inteligente de escala cruzada, encapsulados como herramientas “arrastrar y soltar” para uso de las unidades de base. La tercera fase: la profundización de la colaboración y la participación pública, estableciendo un mecanismo de intercambio de datos interdepartamental y abriendo interfaces de aplicación pública; los ciudadanos pueden reportar problemas mediante el móvil, y la IA los asigna y despacha automáticamente, formando un ciclo cerrado de congestión.

(4) Resultados e inspiraciones

El sistema “Ojo de Águila de Guangzhou” ha logrado resultados sobresalientes. Primero, construyó una red de percepción aérea de baja altura con alta cobertura y alta respuesta, alcanzando una capacidad de respuesta de 5 minutos para cualquier objetivo dentro de la zona. Segundo, mejoró significativamente la eficiencia y el nivel de seguridad de la gobernanza urbana, duplicando con creces la eficiencia en comparación con el modo de inspección tradicional.



Figura 4-3: Plataforma de gestión y control de despacho inteligente de drones “Ojo de Águila de Guangzhou”

Fuente: Instituto de Investigación y Diseño de Planificación Urbana de Guangzhou



Tercero, impulsó el desarrollo de la economía de baja altura, aprovechando el potencial de un futuro mercado de nivel billonario. Está altamente relacionado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU, incluyendo: ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas) y ODS 13 (Acción por el clima). Su valor central radica en que, mediante la inteligencia urbana, se reconfiguró la lógica de gobernanza de los recursos “físicos—de datos—sociales”, dejando de considerar drones y datos como “activos privados departamentales” para transformarlos en elementos de gobernanza de carácter inclusivo. Su práctica demuestra que la clave de la gobernanza de precisión en ciudades de alta densidad reside en “usar la inteligencia para romper las barreras de recursos”, logrando sinergias con recursos dispersos. La flota de drones teje una red de monitoreo del espacio tridimensional urbano, el análisis inteligente convierte datos dispersos en capacidad de decisión, y la cogestión de actores múltiples despierta el entusiasmo por la participación ciudadana. Esta innovación en gobernanza permite a Guangzhou mejorar la calidad y la eficiencia al tiempo que reduce las emisiones de carbono, constituyendo una importante referencia para la construcción de desarrollo sostenible en otras ciudades.

4.1.5 Chengdu: La Gobernanza Inteligente del Tráfico en el Entorno Hospitalario

(1) Contexto y problemática

El entorno de los grandes hospitales urbanos, representado por el Hospital Huaxi de Chengdu (con un volumen diario total de consultas de clínicas y de urgencias cercano a los 20 000 pacientes), es un microcosmos de las contradicciones en el uso de recursos. Su problema de congestión de tráfico se manifestaba concretamente en: primero, graves conflictos entre personas y vehículos, con circulación mixta en los accesos que ralentizaba la velocidad de paso en hora punta y elevaba el riesgo de

accidentes; segundo, desequilibrio entre la oferta y la demanda de aparcamiento, con una grave insuficiencia de plazas en el interior del hospital que provocaba colas de vehículos que se extendían a la calzada, generando desplazamientos circulares inútiles y pérdida de eficiencia en la circulación; tercero, el desorden de vehículos no motorizados, con más de 7000 bicicletas compartidas y vehículos de reparto al día ocupando los carriles, afectando gravemente la accesibilidad peatonal de los pacientes; cuarto, concentración de flujos de tráfico, con la superposición de todo tipo de flujos en los cuellos de botella, configurando un escenario de “congestión puntual, impacto global”.

(2) Objetivos y visión

La Oficina de Gestión de Tráfico de la Oficina de Seguridad Pública de Chengdu se propuso resolver el problema de congestión sin recurrir a grandes ampliaciones de infraestructura, mediante la “optimización de recursos y la sinergia integral”. Los objetivos cuantitativos centrales eran: primero, reducir el índice de congestión de la zona de 3,28 a menos de 2,5; segundo, aumentar la tasa de precisión de la información de aparcamiento para reducir los desplazamientos circulares inútiles; tercero, recuperar el espacio para modos de transporte no motorizados, reduciendo la tasa de ocupación de los carriles no motorizados; cuarto, disminuir la tasa de conflictos entre personas y vehículos para mitigar los retrasos causados por el entrecruzamiento de flujos; mediante la gobernanza integral, se reduciría el desperdicio de energía y las emisiones contaminantes, promoviendo un transporte más ecológico.

(3) Estrategia de implementación

Se adoptó una solución integral de “datos + zonificación funcional + guía inteligente”. En primer lugar, el diagnóstico basado en datos: se recopilaron exhaustivamente datos de flujo vehicular, colas, etc., para localizar con precisión las causas de la congestión y las características



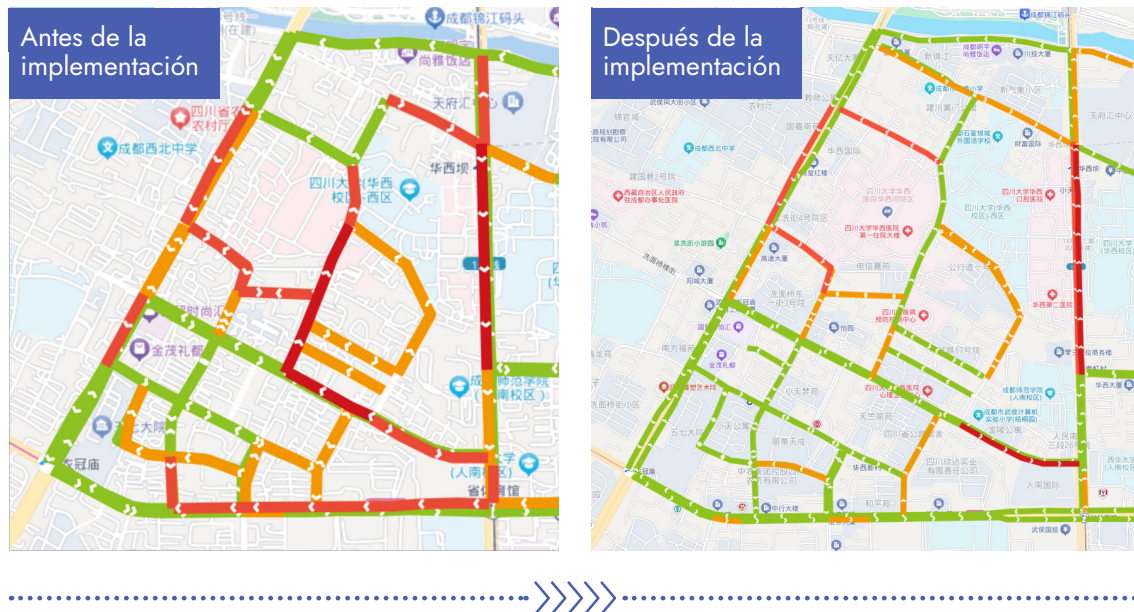


Figura 4-4: Situación del tráfico antes y después de la implementación de la gestión de la congestión en el Hospital Huaxi de Chengdu

Fuente: Oficina de Gestión de Tráfico de la Oficina de Seguridad Pública de Chengdu

del tráfico. En segundo lugar, la reconfiguración funcional con zonificación: se dividió el área de forma innovadora en una “zona norte (consultas externas/parada breve)” y una “zona sur (urgencias/aparcamiento)”, logrando la separación de flujos, y se estableció una “calle peatonal temporal” en el cuello de botella, resolviendo eficazmente los conflictos persona-vehículo. En tercer lugar, el desvío y la orientación inteligentes: se coordinó con aplicaciones de navegación y plataformas de vehículos con conductor para guiar los vehículos hacia la zona correspondiente según el motivo de la visita al hospital, y se regularon las operaciones de subida y bajada de pasajeros mediante la demarcación de áreas específicas.

(4) Resultados e inspiraciones

La implementación del plan de optimización colaborativa del tráfico en el área del Hospital Huaxi ha sido muy exitosa y refleja plenamente el valor de la “asignación precisa basada en datos + equilibrio de recursos orientado a las personas”: primero, la eficiencia en la circulación mejoró, con el índice de congestión de la zona bajando de 3,28 a 2,44, una reducción del

25,6%; la duración de la congestión en la hora punta matutina se acortó en aproximadamente media hora, y la velocidad de paso en la calle Dianxin aumentó significativamente. Segundo, mejoró la eficiencia en el acceso a atención médica urgente, con el tiempo de llegada al hospital reduciéndose entre 10 y 20 minutos respecto a antes de la implementación (Figura 4-4).

Este exitoso caso está estrechamente vinculado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, incluyendo: ODS 3 (Salud y bienestar), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (Acción por el clima).

Su principal enseñanza es que la primacía de los datos, la separación de distintas demandas de tráfico para un uso escalonado de la vía y la colaboración entre múltiples partes pueden lograr una gobernanza duradera. La clave para resolver los problemas de tráfico en nodos de servicios públicos de alta densidad reside en la reorganización precisa de los recursos en un espacio limitado mediante la inteligencia urbana, en lugar de depender de la expansión física.

4.1.6 Wuhan: la Solución Inteligente para la Planificación Urbana

(1) Contexto y problemática

La planificación urbana, como el ámbito intensivo en conocimiento, enfrenta nuevos desafíos en la era actual: primero, el desacoplamiento entre decisiones y demandas, con un sesgo hacia el criterio experto y la carencia de información basada en datos en tiempo real, lo que dificulta responder ágilmente a las necesidades diversas de la ciudadanía; segundo, graves barreras de datos, obstaculizando el flujo de información interdepartamental y limitando la cogobernanza y la difusión del conocimiento; tercero, las altas barreras a la participación pública, pues los ciudadanos enfrentan el doble obstáculo de las competencias profesionales y digitales, dificultando la materialización del concepto “la ciudad del pueblo la construye el pueblo”; cuarto, difícil adaptación de la IA general, ya que los grandes modelos carecen de una comprensión profunda de las normativas urbanísticas, la cultura local y la lógica centrada en las personas, resultando poco fiables en su aplicación directa.

(2) Objetivos y visión

El Instituto de Planificación de Wuhan propuso de forma innovadora construir un nuevo sistema de planificación urbana impulsado por IA, promoviendo el cambio de la toma de decisiones “basada en la experiencia” hacia una “basada en datos e inteligencia con enfoque humano”. Su visión es crear una plataforma multimodal de apoyo a la decisión asistida por IA cuyo núcleo sea el gran modelo de planificación “Dapu”, transformar el modelo de planificación tradicional, practicar el concepto de inclusión, derribar barreras técnicas y de conocimiento, permitiendo a todos los actores participar en pie de igualdad en la construcción y cogobernanza de la ciudad, y crear un nuevo paradigma de planificación sostenible y replicable, ofreciendo sabiduría y soluciones chinas a las ciudades del mundo, especialmente a las de países en desarrollo.

(3) Estrategia de implementación

Se avanzó por fases siguiendo la lógica “cimentación de recursos – piloto de escenarios – integración de sistemas – exportación de estándares”. Primera fase: la construcción de la base de recursos y tecnología, integrando más de 40 años de datos profesionales, creando un “fondo común de recursos de planificación”



Figura 4-5: Modelo exclusivo para la planificación territorial y espacial de Wuhan (Dapu)

Fuente: Instituto de Planificación de Wuhan (Instituto de Estrategia de Desarrollo del Transporte de Wuhan)



codificado de forma unificada, desarrollando el gran modelo de planificación “Dapu” (Figura 4-5) y un marco de fusión de triada de “semántica – datos espacio-temporales – especificaciones técnicas”, además de establecer un mecanismo de gobernanza colaborativa interdepartamental. Segunda fase: el pilotaje en escenarios de alto valor, verificando la eficacia de la potenciación con IA en escenarios como planificación industrial, participación ciudadana y gestión de reclamaciones, sentando las bases para la posterior expansión. Tercera fase: la consecución de una colaboración integral en la cadena “datos – modelo – servicio”, formando un ciclo cerrado de eficiencia de recursos. Cuarta fase: la exportación del modelo, modularizando la arquitectura técnica y los mecanismos de gobernanza para convertirlos en soluciones inteligentes replicables y transferibles a otras ciudades.

(4) Resultados e inspiraciones

Tras la implementación de la solución se obtuvieron resultados notables en tres aspectos: primero, la potenciación del desarrollo coordinado entre industria y espacio, proporcionando apoyo en la planificación y la configuración espacial para cerca de 100 proyectos industriales y apoyando al gobierno en la optimización del diseño industrial y las decisiones de localización de inversiones, impulsando la integración armoniosa del desarrollo industrial con el espacio urbano y la vida de los residentes. Segundo, la mejora significativa de la eficiencia de la gobernanza y del nivel de asignación de recursos: la capacidad de tramitación de reclamaciones ciudadanas superó los 5000 casos al año, el personal dedicado se redujo de 6 a 1 persona (una reducción del 83%), el tiempo de tramitación por caso se acortó de 30 segundos a 1 minuto, la eficiencia general mejoró aproximadamente un 90% en comparación con el modelo tradicional, y la tasa de respuesta oportuna alcanzó el 99%. Tercero, la innovación pionera: el marco de fusión de triada creado suple las carencias profesionales de los grandes modelos generales y, apoyándose en

el aprendizaje en línea, logra un empoderamiento bidireccional de recursos sociales y técnicos, transformando herramientas profesionales en aplicaciones ligeras de lenguaje natural, haciendo que la planificación pase de ser “exclusiva de expertos” a “accesible para todos”. La práctica de Wuhan tiene como núcleo reconfigurar la lógica de planificación con inteligencia, atendiendo tanto a la eficiencia científica como al enfoque humano, en consonancia con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU: ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas) y ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura).

Inspiraciones que ofrece: en primer lugar, los recursos de datos deben integrarse primero, estableciendo una codificación unificada y reglas de intercambio; en segundo lugar, mediante un diseño inclusivo se reducen las barreras de participación y se activa el valor de los recursos; finalmente, la garantía institucional es más importante que la tecnología, la colaboración interdepartamental requiere responsabilidades claras y el establecimiento de un mecanismo de supervisión con “humanos en el circuito” para evitar una mala asignación de recursos.

4.2 Los Casos de Escenarios

4.2.1 La Integración Eficiente de Recursos de Infraestructura Pública Urbana

(1) Contexto y problemática

Las ciudades del mundo se enfrentan a tres desafíos principales en infraestructura pública como estaciones base de comunicaciones o terminales de visualización pública: la operación y el mantenimiento ineficientes, la dependencia de alertas por umbrales tradicionales con escasa capacidad de predicción; la respuesta lenta del servicio público, con “puntos ciegos” en la atención a grupos vulnerables; y la asignación



de recursos extensiva, con equipos funcionando según parámetros basados en la experiencia y datos multimodales sin aprovechar. El problema radica en la falta de un ciclo cerrado de percepción – análisis – decisión impulsado por IA.

(2) Objetivos y visión

Beijing BOE Sensor Technology Co., Ltd. se propuso construir un “sistema de percepción inteligente urbana eficiente, resiliente y cálido”, gobernando de forma unificada la infraestructura y los recursos de datos mediante tecnologías colaborativas de dispositivo-borde-nube, para lograr una doble optimización en la utilización de recursos y la respuesta de los servicios. Los objetivos cuantitativos centrales incluyen: reducir la tasa de paradas imprevistas de infraestructuras críticas, elevar la eficiencia del mantenimiento; reducir el tiempo de respuesta en la atención a grupos vulnerables; disminuir el consumo energético de los equipos mediante ajustes dinámicos con IA; y aumentar la tasa de aprovechamiento de recursos de datos y la tasa de utilización de fusión de datos multimodales, con el fin de incrementar la precisión del modelo de IA en la identificación de eventos anómalos.

(3) Estrategia de implementación

Se implementó en tres fases: primera fase, la cimentación del repositorio de recursos de datos, desplegando sensores AI-Ready para recolectar datos multimodales, estableciendo una base de datos asociativa “dispositivo – entorno – espacio” y fijando líneas base de optimización. Segunda fase, el pilotaje de escenarios, validando modelos de mantenimiento predictivo en estaciones base de comunicaciones y utilizando monitoreo inteligente con teledetección en espacios públicos para identificar comportamientos anómalos y vincularlos con los departamentos de asistencia, verificando la eficacia técnica y el valor humanístico. Tercera fase, construcción de un sistema inteligente colaborativo “dispositivo – borde – nube”, mejorando la capacidad de computación en el borde, desplegando una plataforma de IA en la nube, integrando diversos motores, y finalmente logrando la vinculación entre escenarios (por ejemplo, la alerta de fallo en una estación base activa la publicación de información pública) (Figura 4-6).

(4) Resultados e inspiraciones

Los principales resultados incluyen: primero, la mejora significativa de la eficiencia de las infraestructuras, con una drástica reducción de



Figura 4–6: Página de retroalimentación de parámetros técnicos del sistema de percepción inteligente urbana de BOE
Fuente: Beijing BOE Sensor Technology Co., Ltd.



la tasa de paradas imprevistas en estaciones base de comunicaciones y una disminución media del consumo energético de los terminales públicos mediante la regulación dinámica de parámetros. Segundo, el cambio cualitativo en la respuesta de los servicios públicos: en ciudades como São Paulo (Brasil) y Suzhou (China), el tiempo de respuesta para asistencias se acortó notablemente y la precisión de la IA en la identificación de eventos fue alta. Tercero, la plena liberación del valor de los datos: aumentó la tasa de utilización de la fusión de datos multimodales, la precisión en la predicción de fallos y se logró el objetivo de “cuanto más se usan los datos, más inteligente se vuelve el sistema”. La innovación central reside en: a nivel técnico, la arquitectura colaborativa de “preprocesamiento en el borde + análisis profundo en la nube” reduce la carga en la nube, y se entrenó específicamente un modelo industrial de teledetección que mejora la precisión del control. A nivel de modelo, se integró sistemáticamente la atención humanística (como la asistencia a grupos vulnerables) en el sistema de percepción inteligente, logrando la sinergia entre “eficiencia y calidez”.

Esta práctica de “IA + teledetección” no solo ha mejorado la resiliencia de las infraestructuras, sino que también se alinea profundamente con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU, incluyendo: ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 13 (Acción por el clima) y ODS 10 (Reducción de las desigualdades). La inspiración radica en reconfigurar la lógica de gobernanza de los recursos, rompiendo barreras de datos con inteligencia, optimizando de forma colaborativa la asignación de recursos y logrando la unión entre la eficacia técnica y el bienestar social.

4.2.2 La Gestión Inteligente de Residuos Sólidos Urbanos

(1) Contexto y problemática

La incineración de residuos domésticos es un

medio clave para el tratamiento urbano bajo los principios de “reducción, valorización y eliminación inocua”, y la eficiencia en el uso de sus recursos afecta directamente al coste de la gobernanza urbana y a la consecución de los objetivos de “doble carbono”. Actualmente, el sector de la incineración de residuos en China se enfrenta a tres dificultades: primero, los datos inactivos y decisiones basadas en la experiencia; los ingentes datos en tiempo real no se fusionan ni utilizan, y el control de la combustión depende de la experiencia humana, lo que provoca grandes fluctuaciones en el flujo de vapor principal y una baja eficiencia de conversión energética. Segundo, el alto consumo de recursos y la gran presión ambiental; la composición compleja de los residuos y el largo retardo de los procesos hacen que el control tradicional resulte en un alto consumo unitario de insumos para la protección ambiental (desacidificación, desnitrificación) y una baja generación de electricidad por tonelada de residuo. Tercero, la alta intensidad de operación manual: los operarios realizan más de 1300 operaciones diarias, gastando energía en ajustes repetitivos, con un margen de seguridad y capacidad de respuesta ante anomalías insuficientes.

(2) Objetivos y visión

Beijing Chaoyang Environmental Group Co., Ltd. se propuso “impulsar la inteligencia integral de la cadena de incineración de residuos mediante IA, haciendo que la industria pase de la dependencia de la experiencia a la decisión inteligente”. Los objetivos específicos incluyen: desarrollar un sistema de incineración inteligente apto para residuos de composición compleja y alta humedad; reducir el consumo de insumos para desacidificación y desnitrificación en más del 3%; reducir la fluctuación del vapor principal en más del 10%; y alcanzar una tasa de operación automática superior al 90%.

(3) Estrategia de implementación

Se avanzó sistemáticamente en cuatro fases:



primera fase, construcción del repositorio de datos, capturando mediante protocolos estándar datos de los sistemas de combustión y ambientales, así como video de llama, que tras limpieza y correlación se integraron en un repositorio unificado como base para el análisis. Segunda fase, desarrollo del motor central, superando tres cuellos de botella como el uso de un modelo visual industrial a gran escala para convertir el video de llama en indicadores cuantitativos en sustitución de la observación manual. Tercera fase, verificación en una planta piloto, validando en un escenario real la eficacia de los motores de percepción, predicción y control inteligentes, optimizando el sistema y reduciendo la carga de operación manual. Cuarta fase, estandarización y difusión, extendiendo el sistema maduro dentro del grupo y transformando la “experiencia de los operarios veteranos” en una base de conocimiento estructurada, para formar un paquete técnico y de gestión replicable y exportable al sector (Figura 4-7).

(4) Resultados e inspiraciones

Tras la implementación se lograron resultados significativos: primero, la mejora de la eficiencia de los recursos: la estabilidad del flujo de vapor principal mejoró más del 36%, la generación eléctrica por tonelada de residuo aumentó más del 2.4%, consiguiendo un incremento anual

de electricidad verde de aproximadamente 6 millones de kWh; el consumo unitario de insumos para desacidificación y desnitrificación se redujo más del 3%, logrando una sinergia de “reducción de contaminación y carbono”. Segundo, la optimización de recursos humanos: la tasa de operación automática superó el 98% y la carga de operaciones diarias del personal se redujo en un 86%, lo que les permite reorientarse hacia tareas de mayor valor como la inspección y la toma de decisiones.

La innovación central de esta práctica reside en: a nivel técnico, se creó por primera vez un modelo visual a gran escala aplicado a escenarios de incineración y un motor de predicción multivariable. A nivel de modelo, se estableció un mecanismo de “digitalización de la experiencia”, convirtiendo el saber hacer de los operarios veteranos en una base de conocimiento reutilizable, resolviendo así el problema de la transmisión de conocimientos en el sector. Apoya firmemente el tratamiento de residuos bajo los principios de “reducción, valorización y eliminación inocua”, y sus resultados están profundamente relacionados con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU, incluyendo: ODS 7 (Energía asequible y no contaminante), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 12 (Producción y consumo responsables) y ODS 13 (Acción



Figura 4-7: Sistema de monitoreo en pantalla grande de incineración inteligente con IA de Chaoyang Environment
Fuente: Beijing Chaoyang Environmental Group Co., Ltd.



por el clima). La enseñanza es que los datos tienen el valor de “combustible central”, que la tecnología inteligente debe “adaptarse al contexto sectorial”, y que la innovación en el modelo es tan importante como la innovación técnica. La integración profunda de la IA con los escenarios industriales es el camino clave para romper el cuello de botella de la eficiencia de recursos en sectores tradicionales y lograr beneficios tanto económicos como ambientales.

4.2.3 El Acceso Directo e Inteligente a Recursos Financieros Verdes Inclusivos

(1) Contexto y problemática

Taizhou, como zona experimental de reforma de las microfinanzas y las pequeñas empresas, se enfrentaba a tres problemas centrales al promover las finanzas verdes inclusivas: primero, la dificultad en la identificación del crédito verde; el uso disperso de los préstamos de las pequeñas empresas hacía difícil para la revisión manual tradicional juzgar con precisión su “atributo verde”, lo que provocaba altos costes de identificación y asignación errónea de recursos. Segundo, la dificultad en la evaluación verde de las micro y pequeñas empresas; debido al pequeño tamaño y la dispersión de datos de estas empresas, y a la falta de un estándar de evaluación unificado, las instituciones financieras difícilmente podían evaluar con precisión su nivel verde, lo que provocaba que el capital fluyera mayormente hacia las grandes empresas y que la proporción de crédito verde obtenida por microempresas fuera baja. Tercero, la dificultad para compartir información verde; los datos pertinentes estaban dispersos en más de 30 departamentos sin un intercambio efectivo.

(2) Objetivos y visión

Beijing Dadao Zhijian Technology Co., Ltd. y la sucursal de Taizhou del Banco Popular de China se propusieron construir un sistema de servicio “identificar verde – evaluar verde – compartir verde” impulsado de forma inteligente,

rompiendo las barreras de datos y optimizando la asignación de recursos financieros. Los objetivos específicos incluyen: acortar el tiempo de identificación de crédito verde y mejorar la precisión de la identificación; aumentar la proporción de préstamos verdes inclusivos para micro y pequeñas empresas; y elevar la tasa de intercambio de información verde entre departamentos.

(3) Estrategia de implementación

Se ejecutó en cuatro fases: primera fase, la construcción de la “plataforma de datos de finanzas verdes inclusivas de Taizhou” para romper la asimetría informativa. Se recopilaron más de 400 millones de datos de más de 30 departamentos, se emplearon técnicas de computación privada para crear una “base de datos de información verde empresarial” y se desarrollaron los módulos funcionales básicos de “identificar verde” y “evaluar verde”. Segunda fase, el pilotaje en sectores característicos de Taizhou, como moldes y autopartes, creando bibliotecas de palabras clave específicas, perfeccionando el modelo de evaluación verde y elaborando un directorio de financiación para la transición de sectores clave como el de bombas. Tercera fase, la construcción de la plataforma integral “Acceso Verde para las Micro y Pequeñas Empresas”, integrando funciones y abriendo interfaces a instituciones financieras y al gobierno, mejorando notablemente la eficiencia del servicio. Cuarta fase, la promoción de la experiencia estandarizada: las prácticas se convirtieron en estándares provinciales y se exportó el modelo de servicio replicable a otras ciudades (Figura 4-8).

(4) Resultados e inspiraciones

Principales resultados: primero, la optimización de la asignación de recursos financieros: se completó acumulativamente la certificación de 77000 préstamos verdes, por un importe superior a los 260000 millones de yuanes; la proporción de préstamos verdes inclusivos para

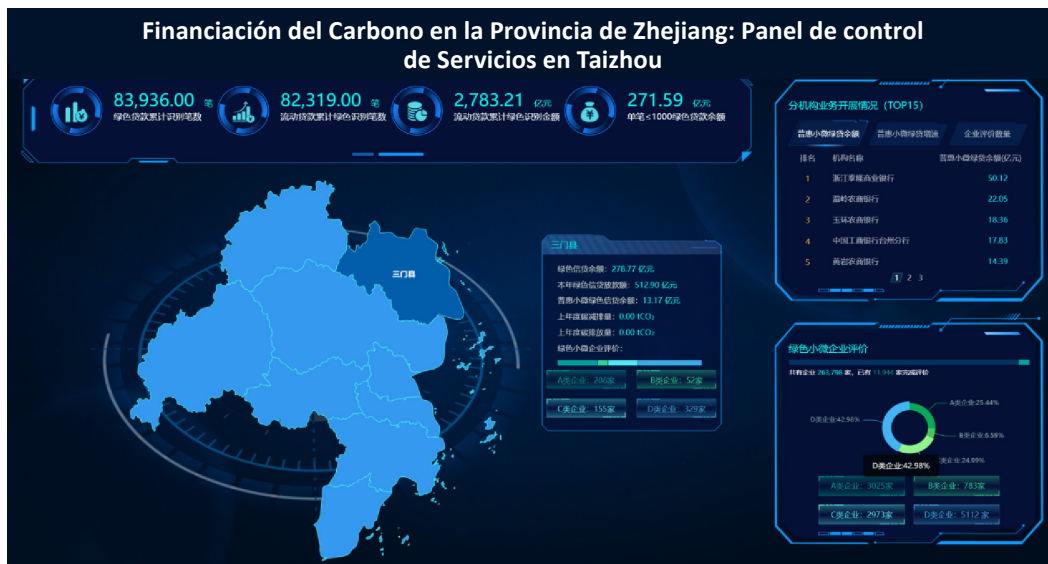


Figura 4-8: Pantalla digital “Acceso Verde para las Micro y Pequeñas Empresas” del Banco Popular de China (sucursal de Taizhou)
Fuente: Beijing Dadao Zhijian Technology Co., Ltd. y la Sucursal de Taizhou del Banco Popular de China

micro y pequeñas empresas aumentó en más de 8%. Segundo, impulso a la transición verde: se completó la evaluación verde de 14600 microempresas, de las cuales más del 35% fueron reconocidas como entidades verdes y obtuvieron apoyo crediticio. Tercero, la liberación del valor de los datos: la tasa de intercambio de información interdepartamental mejoró y los datos se convirtieron en un “perfil crediticio verde” para las empresas.

La innovación central de esta práctica radica en: a nivel de modelo, se creó un ciclo cerrado de servicios financieros digitales de cadena completa; a nivel técnico, se aplicó IA y computación privada para resolver el dilema entre seguridad y utilización de datos; a nivel de estándares, se elaboró el *Directorio de Apoyo al Crédito Verde Inclusivo*, que llenó un vacío en el sector. Está profundamente alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU, incluyendo: ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 10 (Reducción de las desigualdades) y ODS 13 (Acción por el clima). La inspiración es que la clave para lograr la sinergia entre finanzas inclusivas y verdes reside en tener como cimiento el intercambio seguro de datos, como núcleo la tecnología de IA adaptada al escenario, y como

garantía estándares normativos replicables.

4.2.4 El Reciclaje y la Regeneración de Recursos de Biomasa Urbana

(1) Contexto y problemática

Con el desarrollo urbano, China genera anualmente más de diez mil millones de toneladas de residuos de biomasa. Los modelos tradicionales de vertido e incineración ocupan suelo, generan contaminación y son ineficientes, siendo difícil que se adapten a las necesidades de las megaciudades. Más crítico aún es que este modelo no crea un ciclo de recursos, provocando desperdicio y dependencia de subsidios, lo que lo hace insostenible. Shenzhen, como ciudad piloto “residuo cero”, necesitaba urgentemente resolver este problema mediante tecnología inteligente y construir un sistema de bioeconomía circular.

(2) Objetivos y visión

INSPRO SCIENCE LIMITED (INSPRO), con el núcleo de “bioconversión con insectos potenciada por IA”, pretende que las ciudades pasen de un “tratamiento al final del proceso” a la “reducción en origen y valorización de alto nivel”. Los objetivos específicos incluyen: lograr que la tasa integral de valorización anual de residuos



de biomasa urbana aumente más del 15%; mediante el control inteligente con IA, aumentar la eficiencia de la bioconversión con larvas de mosca soldado negra en un 30% y reducir los costes operativos en un 20%; y establecer un modelo replicable y una vía de comercialización del tratamiento de residuos de biomasa "IA + bioconversión con insectos", contribuyendo a la transición baja en carbono de las ciudades y su conexión con la bioeconomía circular.

(3) Estrategia de implementación

Se ha avanzado en tres fases: primera fase, la cimentación de datos, recolectando datos de residuos de múltiples ciudades y del crecimiento de la mosca soldado negra, y creando una biblioteca de características y un conjunto de datos de entrenamiento para sentar las bases del control inteligente. Segunda fase, la investigación y el desarrollo tecnológico, logrando avances en tres tecnologías clave: un sistema de control ambiental con IA, un sistema de monitorización del estado de crecimiento y una plataforma de gemelo digital para la optimización del proceso. Tercera fase, el pilotaje de escenarios, llevando a cabo pruebas sucesivas en Dongguan Xiegang (semi-automático) y Shenzhen Yantian (totalmente

automático) para cuantificar y verificar la eficacia técnica, la mejora en la eficiencia de recursos y la viabilidad del modelo de negocio (Figura 4-9).

(4) Resultados e inspiraciones

Se lograron múltiples avances con beneficios ambientales, económicos y sociales: primero, se completó la construcción y la operación exitosa de dos proyectos piloto, impulsando así de forma gradual la transición del nuevo modelo de tratamiento de residuos de biomasa urbana desde la "incineración/vertido" hacia la "valorización de alto nivel", y formando un consenso social de protección ambiental baja en carbono. Segundo, el mecanismo de intercambio de datos entre el gobierno y las empresas aumentó la transparencia de la gobernanza ambiental, y la participación ciudadana en la clasificación de residuos aumentó en un 25%. Tercero, la eficiencia de los recursos mejoró notablemente, logrando un aumento de más del 15% en la tasa integral de valorización anual de residuos de biomasa urbana. Cuarto, se estableció un ejemplo de cooperación intersectorial "IA + protección ambiental", atrayendo a 5 instituciones de investigación para unirse al desarrollo tecnológico e impulsando la elaboración de 2 estándares



Figura 4-9: Sistema de gemelo digital para el servicio de tratamiento y aprovechamiento de residuos orgánicos sólidos en el Parque Ecológico de Yantian, Shenzhen

Fuente: INSPRO SCIENCE LIMITED (INSPRO)



internacionales.

La innovación central de esta práctica reside en: a nivel técnico, el control ambiental con IA y el gemelo digital sustituyen la dependencia tradicional de la experiencia, aumentando la precisión del proceso. A nivel de modelo, se construyó un ciclo comercial sostenible de “guía gubernamental + operación empresarial + retroalimentación del mercado”. A nivel de gobernanza, mediante la plataforma de datos se abrió un enlace de cooperación y cogobernanza entre “gobierno – empresa – público”.

Esta innovadora práctica, al convertir residuos en recursos de alto valor, ha reconfigurado por completo su “atributo de recurso”, proporcionando un nuevo paradigma para la construcción de ciudades “residuo cero”. Está profundamente alineada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2030 de la ONU, incluyendo: ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 12 (Producción y consumo responsables), ODS 13 (Acción por el clima), ODS 2 (Hambre cero). La inspiración es que la clave de la gobernanza de los residuos de biomasa urbana reside en “activar el valor del recurso con tecnología inteligente”, logrando la unidad de los beneficios ambientales y económicos, y convirtiendo los “residuos” verdaderamente en “tesoros”.

4.2.5 “5G+IA” Potenciando Eventos Deportivos Urbanos y Gobernanza del Tráfico

(1) Contexto y problemática

En el proceso de desarrollo urbano de alta calidad, las expectativas ciudadanas sobre servicios seguros, convenientes y cercanos no dejan de aumentar. Especialmente en escenarios de alta complejidad que afectan al bienestar público, como los eventos deportivos o la movilidad cotidiana, los modelos de gobernanza tradicionales difícilmente pueden conjugar eficiencia y experiencia, carecen de

garantías diferenciadas para colectivos como mujeres, personas de edad avanzada o con discapacidad, y los modelos basados en una alta inversión de recursos humanos y materiales son insostenibles.

(2) Objetivos y visión

En la media maratón del río Suzhou de Shanghai en 2025, el sistema de tráfico inteligente de Haina Town, en el distrito de Putuo, desempeñó un papel central. China Mobile (Shanghai), mediante la innovación tecnológica convergente “5G-A + IA”, contribuyó a que la gobernanza de eventos y los servicios urbanos transiten de la “coordinación organizativa” a la “gobernanza inteligente integral del territorio”, con el objetivo de mejorar la inclusión, la accesibilidad y la calidez emocional de los servicios urbanos a través de medios tecnológicos.

(3) Estrategia de implementación

Para alcanzar la visión anterior, el proyecto adoptó una vía de implementación integral de cuatro componentes: “guía normativa, soporte de plataforma, impulso por escenarios y sinergia de ecosistema”. A nivel normativo, apoyándose en el diseño de alto nivel del gobierno municipal de Shanghai y del distrito de Putuo para la transformación digital, se designó claramente la ribera del río Suzhou y Haina Town como campo de pruebas clave. A nivel de plataforma, China Mobile lideró la construcción de una plataforma de datos unificada y un motor de decisión de IA, integrando capacidades tecnológicas como red 5G-A, gemelo digital y algoritmos de grandes modelos, formando una base técnica reutilizable. A nivel de escenarios, centrándose en los eventos de maratón y el tráfico tridimensional, dos escenarios de bienestar público de alta complejidad y alta atención, se crearon aplicaciones demostrativas de “deporte inteligente” y “movilidad inteligente conectada”, logrando un salto desde el logro puntual hasta la integración sistémica. A nivel de ecosistema, se estableció un mecanismo de colaboración múltiple “gobierno



+ empresa + comunidad”, eliminando barreras de datos y servicios. El proyecto estuvo siempre centrado en la experiencia del usuario, incorporando funciones como interacción multilingüe y orientación sin barreras. En particular, en el despliegue tecnológico se integraron interacción multilingüe, servicios específicos para mujeres y funciones de orientación sin barreras, asegurando que la tecnología sirva realmente a “las personas” y no las sustituya.

(4) Resultados e inspiraciones

La implementación del proyecto obtuvo resultados notables. En la media maratón del río Suzhou, la tasa de finalización de la carrera fue del 99,55%, el sistema de IA generó automáticamente 4329 vídeos personalizados de los participantes, el 69,2% de los corredores los descargaron activamente e interactuaron, y la retransmisión en directo superó los 500000 visionados. En Haina Town, el sistema de tráfico tridimensional inteligente redujo el índice de retraso por congestión en hora punta en un 15%, el tiempo medio de desplazamiento a pie se acortó de 11 a 7 minutos (una reducción del 36%), y la tasa de acierto de la guía de rutas por IA alcanzó el 93%, aliviando eficazmente el problema del desajuste espacial en áreas urbanas de alta densidad. Este escenario está estrechamente relacionado con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, incluyendo: ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles), ODS 10 (Reducción de las desigualdades) y ODS 16 (Paz, justicia e instituciones sólidas). Su práctica ofrece una demostración replicable para la garantía inteligente de grandes eventos y servicios urbanos inclusivos. Sus enseñanzas son: primera, la convergencia tecnológica debe estar al servicio de necesidades reales; segunda, la inteligencia urbana necesita mecanismos a largo plazo que sean convertidos en plataformas, estandarizados e iterables; este caso ha conformado dos capacidades exportables: el “motor de IA para eventos” y el “modelo de sinergia de tráfico”; tercera, la participación ciudadana

es clave para el aterrizaje tecnológico; mediante experiencias como “campamentos digitales” y “talleres interactivos de IA” se redujeron las barreras de uso, aumentando significativamente el reconocimiento y la participación ciudadana en la gobernanza inteligente, sentando las bases sociales para una futura expansión a mayor escala.

4.2.6 La Integración y la Optimización de Recursos de Innovación en una Ciudad Característica

(1) Contexto y problemática

Yunqi Town en Hangzhou, uno de los primeros municipios característicos de Zhejiang, enfrentó cuatro grandes desafíos en su transición de un parque industrial tradicional a un polo regional de innovación. Primero, la fragmentación de los recursos de innovación: recursos clave del sector como la computación de alto rendimiento o los instrumentos científicos eran acaparados por unos pocos actores, resultando de difícil acceso para las pymes, mientras coexistían el ocio de recursos públicos y la inversión redundante. Segundo, la falta de mecanismos de sinergia: industria, investigación, gobierno y capital carecían de una plataforma unificada de colaboración, la asignación de recursos era ineficiente y difícilmente se generaban sinergias de innovación. Tercero, el desajuste de los recursos para la vida: la planificación del parque estaba sesgada hacia lo “productivo”, careciendo de espacios vitales y culturales adecuados para el talento joven, lo que restringía la atracción y la estabilidad del ecosistema de talento. Cuarto, el agravamiento de la presión por la sostenibilidad: el aumento explosivo del consumo energético provocado por el crecimiento de la computación y los datos planteaba un serio desafío para la gestión de la eficiencia energética y el desarrollo bajo en carbono del parque.

(2) Objetivos y visión



Ante estos problemas, Yunqi Town definió una visión de transformación digital e inteligente del parque basada en “compartición de recursos, sinergia eficiente, amigable con el bajo carbono y habitable para el talento”, y estableció cinco objetivos cuantificables: primero, construir una plataforma de compartición de grandes equipos para reducir los costes de innovación empresarial. Segundo, crear el sistema inteligente de servicios gubernamentales “Xi Xiao Fu”, que proporciona un perfil preciso de 176000 entidades empresariales y un servicio inteligente ininterrumpido en 24 horas cada día. Tercero, construir una comunidad amigable para jóvenes científicos y tecnológicos, atrayendo anualmente a más de 100000 talentos innovadores globales a diversas actividades de innovación, formando un ecosistema de talento sostenible. Cuarto, implementar una gestión inteligente de la eficiencia energética, impulsando un ahorro energético medio en el parque de $\geq 15\%$ y una reducción anual de carbono superior a las 100 toneladas en empresas clave. Atender tanto a las necesidades industriales como a las vitales es el objetivo final de la optimización de la eficiencia de los recursos.

(3) Estrategia de implementación

El municipio, con las plataformas de tecnología digital como núcleo, impulsó la transformación por fases, destacando tres puntos en su estrategia de implementación: primero, establecer un mecanismo de compartición de equipos y datos, creando un fondo común de recursos de innovación públicos. Segundo, diseñar un entorno no material centrado en las personas, transformando espacios y perfeccionando servicios para retener el talento. Tercero, introducir IA para optimizar la gestión energética y, mediante sistemas (como la cuenta de bajas emisiones), orientar comportamientos sostenibles.

(4) Resultados e inspiraciones

La transformación ha cosechado resultados en eficiencia de recursos, desarrollo industrial y

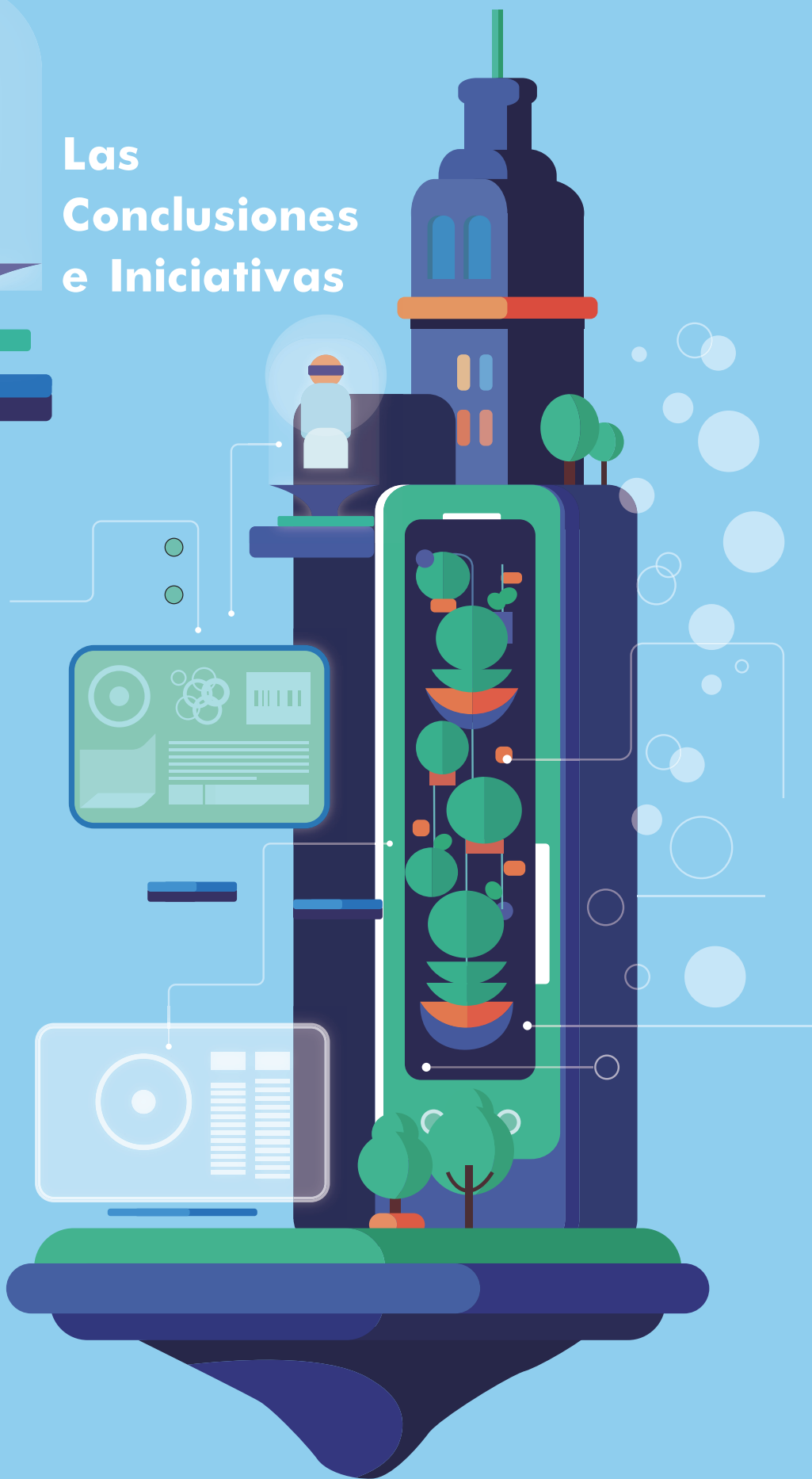
sostenibilidad verde: primero, la mejora de la eficiencia de los recursos: la plataforma inteligente de servicios gubernamentales “Xi Xiao Fu” conecta a 176 000 entidades empresariales, ofreciendo servicio ininterrumpido en 24 horas cada día; la plataforma de compartición de grandes equipos puso en línea 1 956 dispositivos, reduciendo el umbral de I+D para las empresas en aproximadamente un 40%. Segundo, la concentración de talento e industria: eventos como la Conferencia Yunqi atrajeron anualmente a más de 100 000 talentos innovadores; se incubaron acumulativamente más de 1 000 empresas tecnológicas, surgiendo 12 unicornios y 23 empresas cotizadas. Tercero, la manifestación de desarrollo verde: tras la transformación inteligente del parque, la tasa media de ahorro energético superó el 15% y algunas empresas lograron reducciones anuales de carbono superiores a 100 toneladas.

El valor central de la transformación digital inteligente de Yunqi Town reside en reconfigurar la lógica colaborativa “recursos – innovación – vida”, transformando los recursos en elementos públicos inclusivos y consiguiendo múltiples beneficios. Está estrechamente relacionada con los Objetivos de Desarrollo Sostenible de la ONU, incluyendo: ODS 8 (Trabajo decente y crecimiento económico), ODS 9 (Industria, innovación e infraestructura), ODS 11 (Ciudades y comunidades sostenibles) y ODS 13 (Acción por el clima). El municipio proporciona un modelo sistémico de “compartición de recursos, innovación institucional y orientación a las personas” para la transformación digital inteligente de parques industriales. Brinda inspiraciones clave para parques similares: la integración en un fondo común de recursos es la premisa, los mecanismos de sinergia son tan importantes como la innovación tecnológica, y el enfoque en las personas, atendiendo tanto a las necesidades industriales como a las vitales, es el objetivo último de la optimización de la eficiencia de los recursos.



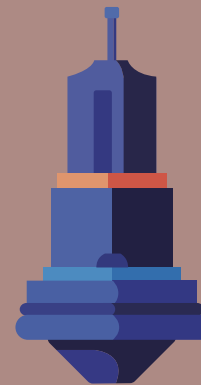


Las Conclusiones e Iniciativas



Capítulo 5 Las Conclusiones e Iniciativas

05



Para alcanzar el objetivo común del “desarrollo urbano sostenible”, este informe toma como eje central la “ciudad ahorradora de recursos”, exponiendo sistemáticamente cómo las ciudades pueden lograr un desarrollo de alta calidad bajo condiciones de recursos limitados, y propone un paradigma de desarrollo impulsado centralmente por la “inteligencia urbana”. La práctica del “Cerebro Urbano” de China ofrece una muestra pionera de inteligencia urbana para el mundo. La orientación a las personas, la visión holística, la alta eficiencia en el uso de los recursos y el desarrollo sostenible constituyen los cuatro conceptos nucleares del Cerebro Urbano. El fuerte acoplamiento de datos, modelos y capacidad de cálculo dota a la inteligencia urbana de la capacidad de hacer que los recursos urbanos sean “computables, sinérgicos y reutilizables”. Prácticas como la “mayor fluidez sin eliminar restricciones de circulación” y la “mayor eficiencia sin ampliar carreteras” ya han verificado la viabilidad de “apoyar el desarrollo sostenible de la ciudad con el 10% de los recursos urbanos existentes”.

Este capítulo propone recomendaciones de acción conjunta para los constructores de ciudades y la iniciativa de colaboración global “IA + Ciudad”. Los individuos y las organizaciones sociales básicas participan activamente en la generación e iteración de una inteligencia urbana centrada en las personas; la industria y el mundo académico invierten en la investigación, el desarrollo y la promoción colaborativa de bienes públicos de inteligencia urbana; los gestores y constructores urbanos se concentran en la orientación a problemas y la buena gobernanza basada en escenarios de la inteligencia urbana; y los gobiernos nacionales y locales impulsan sistemáticamente la construcción de infraestructuras y las garantías institucionales. La iniciativa aboga por construir ciudades ahorradoras de recursos, creando una vida mejor con menos recursos; utilizar adecuadamente la tecnología de IA para apoyar integralmente la construcción de ciudades ahorradoras de recursos; realizar una construcción adecuada de la inteligencia urbana, promoviendo “IA + Ciudad” con una visión holística; persistir en la orientación a las personas, creando escenarios de buena gobernanza; establecer una Alianza Global de Ciudades Inteligentes para compartir experiencias de gobernanza urbana; y crear un ecosistema de código abierto para la inteligencia urbana, compartiendo más ampliamente los avances en tecnología de IA.



5.1 La IA Impulsa el Desarrollo Urbano Sostenible

Con el objetivo común de lograr el “desarrollo urbano sostenible”, el presente informe, bajo el marco del cambio de paradigma del “Cerebro Urbano” y tomando como eje central la “ciudad eficiente en el uso de recursos”, expone sistemáticamente cómo las ciudades pueden alcanzar un desarrollo de alta calidad en condiciones de recursos limitados, y propone un paradigma de desarrollo impulsado centralmente por la “inteligencia urbana”.

La insostenibilidad del modelo de desarrollo urbano contemporáneo se origina, en primer lugar, en una “doble restricción”: la limitación absoluta de la cantidad total de recursos y la ineficiencia estructural en la utilización de los recursos a nivel sistémico. La vía de desarrollo urbano que intercambia el alto consumo por la conveniencia y las altas emisiones por prosperidad ha llevado al estancamiento e incluso al retroceso de los objetivos globales de desarrollo sostenible en múltiples áreas. Sin embargo, la ciudad es tanto el epicentro de los problemas como el escenario estratégico para sus soluciones. Las ciudades concentran a más de la mitad de la población mundial, el consumo de energía y las emisiones de carbono, pero también reúnen los más altos niveles de tecnología, capital y capacidad de gobernanza. La clave para resolver la insostenibilidad radica en pasar de la “expansión extensiva de nuevos recursos” a la “optimización de los recursos existentes”, de “acumular recursos” a “elear la eficiencia”. De cara al futuro, el desarrollo urbano global necesita asumir responsabilidades climáticas, de salud y de equidad, al tiempo que garantiza el bienestar y las oportunidades. El concepto “centrado en las personas” y la dirección hacia el “ahorro de recursos, desarrollo verde y bajo en carbono, inclusividad y resiliencia” se están convirtiendo en un consenso de valores común transcultural y transistémico.

La idea central de este informe es “sustituir

la inversión en nuevos recursos físicos por la optimización de la gobernanza y los datos urbanos”, apoyando el uso ahorrador del flujo de materiales mediante la circulación eficiente del flujo de datos. En esta transformación, la “inteligencia urbana” se convierte en un punto de apoyo tecnológico clave y en un motor de la transformación integral política, económica y cultural de la ciudad. Las prácticas tradicionales de “ciudades inteligentes” a menudo se limitaban a la acumulación tecnológica y la dispersión sectorial, sin lograr beneficios sistémicos; mientras que el concepto de “Cerebro Urbano” redefine el desarrollo y la gobernanza urbanos desde una perspectiva holística y centrada en las personas. Este sistema técnico, la inteligencia urbana, no solo considera la ciudad como un “sistema de sistemas”, sino que, yendo más allá, mediante el acoplamiento profundo de la experiencia humana con los datos, los modelos y la capacidad de cálculo, construye un ciclo cerrado de percepción-análisis-decisión, haciendo posible “aumentar la eficiencia del tráfico sin nuevas carreteras”, “garantizar el suministro sin expandir las fuentes de agua” y “reducir el consumo energético sin añadir hardware”. En esencia, es un intento de intercambiar datos por recursos, reemplazar el excedente con algoritmos y optimizar la estructura con inteligencia, con el objetivo de impulsar un cambio de paradigma fundamental en el desarrollo urbano y el progreso de la civilización.

Con el desarrollo acelerado de la tecnología de IA, las condiciones para la práctica de la inteligencia urbana a escala global están madurando. En primer lugar, los sistemas de datos abiertos de las principales ciudades del mundo se están perfeccionando gradualmente, especialmente los datos de teledetección e IoT, que hacen realidad la visión de “observar la ciudad desde una perspectiva global”. En segundo lugar, los modelos básicos de código abierto y los ecosistemas de investigación urbana abierta reducen el umbral para la inteligencia urbana. Todo esto crea para las ciudades una base de inteligencia urbana de bajo coste, alto valor



y alta accesibilidad. La práctica del “Cerebro Urbano” de China proporciona una muestra pionera para la inteligencia urbana global. Sus características son: el enfoque centrado en las personas, la coordinación holística, el ahorro de recursos y el avance paralelo de la reforma institucional y la innovación tecnológica.

De cara al futuro, la competitividad de las ciudades quizás ya no dependa de la escala de expansión de la infraestructura física, sino de si poseen la inteligencia para hacer que los recursos urbanos sean “computables, colaborativos y reutilizables”. En el paradigma de capacidad, los modelos fundacionales urbanos se convertirán en componentes inteligentes universales que, combinados con datos locales de alta calidad y plataformas de cálculo, formen un motor de inteligencia urbana que genere la solución óptima bajo demanda. En el paradigma de equidad, los datos abiertos y los modelos de código abierto permitirán que incluso las ciudades pequeñas y medianas decidan sobre el mismo mapa digital, reduciendo la brecha entre el bajo coste y la alta inteligencia. En el paradigma de gobernanza, la ciudad pasará de estar “impulsada por aplicaciones” a una gobernanza sistémica “del escenario al panorama completo”, tomando la experiencia humana y la eficiencia de los recursos como indicadores igualmente importantes, e institucionalizando y haciendo replicables los resultados de los proyectos piloto.

Tal como revela la práctica china, cuando la circulación de datos, la evolución de los modelos y la sinergia organizativa resuenan dinámicamente, “apoyar el desarrollo sostenible y de alta calidad de la ciudad con el 10% de los recursos urbanos existentes” no es una pregunta idealista, sino una respuesta en forma de camino tecnológico y de gobernanza al que es posible aproximarse de manera continua. Basándose en la visión de una comunidad de destino compartido para la humanidad, la inteligencia urbana cargará con la esperanza de impulsar a las ciudades globales hacia un futuro común de bajo consumo, alto

bienestar y fuerte resiliencia.

Menos es más, para una vida mejor (Less is more for better life).

5.2 Las Recomendaciones de Acción Conjunta para los Constructores de Ciudades

La construcción de la inteligencia urbana no es un mero proyecto tecnológico, sino una transformación social que implica la participación amplia de actores individuales. Para promover que las ciudades globales, mediante la construcción de inteligencia urbana, compartan un futuro urbano sostenible, recomendamos que los ciudadanos individuales, las organizaciones sociales, el sector privado, los gobiernos, el mundo académico, así como los legisladores y formuladores de políticas nacionales, emprendan acciones conjuntas según sus propias capacidades y responsabilidades.



Individuos y organizaciones sociales básicos

Generación e iteración de inteligencia urbana centrada en las personas

Los individuos y las organizaciones básicas en la sociedad urbana son proveedores de desarrollo de alta calidad, y las comunidades básicas y los espacios públicos son el lugar de producción primaria de la inteligencia urbana. La práctica de la inteligencia urbana debe ser explorada mediante la consulta y la colaboración por los múltiples actores del escenario —como organizaciones comunitarias, entidades sin ánimo de lucro, escuelas, representantes de PYME, etc.—, en lugar de ser dominada por un solo actor. Abogamos por emplear métodos de co-creación y diseño participativo, situando a los ciudadanos individuales y a las organizaciones de base en el centro del diseño de escenarios, y tomando como punto de partida los problemas y soluciones basados en las necesidades reales de la vida urbana para la iteración de la tecnología y los modelos de inteligencia urbana.





Industria y mundo académico

Investigación, desarrollo y promoción colaborativa de bienes públicos de inteligencia urbana mediante la cooperación entre la industria y la academia

Dado el fuerte carácter de bien público de la inteligencia urbana, abogamos por que las empresas incorporen principios éticos de equidad, transparencia y explicabilidad en todo el proceso de desarrollo, operación y mantenimiento de productos de inteligencia urbana, realicen activamente evaluaciones de impacto algorítmico y acepten la supervisión social. El mundo académico debe fortalecer la investigación en campos interdisciplinarios como la tecnología de IA, la ética tecnológica, la ciencia urbana y las políticas públicas, proporcionando soporte teórico y reserva de talento para el desarrollo saludable de la inteligencia urbana. Particularmente en el desarrollo de tecnologías clave y soluciones replicables, hacemos un llamado a la colaboración entre industria, academia e investigación para superar tecnologías como los modelos de inteligencia urbana, la fusión de datos y la computación privada, y la inteligencia en el borde, al tiempo que se definen formas de aplicación que cumplan con los requisitos éticos y el interés público. Asimismo, se debe trabajar en el desarrollo de soluciones inteligentes modulares, estandarizadas y de bajo coste, reduciendo el umbral de aplicación para ciudades pequeñas y medianas y ciudades de países en desarrollo, e impulsando un desarrollo inclusivo a escala global.



Gestores y constructores urbanos

Orientación a problemas y buena gobernanza basada en escenarios de la inteligencia urbana

La clave de la construcción de inteligencia urbana reside en centrarse siempre en resolver problemas concretos de desarrollo urbano sostenible, evitando caer en la trampa de “la tecnología por la tecnología”. Por ello, abogamos por que los gestores y constructores urbanos

mantengan un enfoque “orientado a problemas” e “impulsado por escenarios”, priorizando la construcción en escenarios de fuerte percepción ciudadana y evidentes beneficios sociales. Deben establecer activamente asociaciones con empresas tecnológicas e instituciones de investigación para realizar configuraciones de tecnología y políticas en torno a problemas y escenarios específicos. Asimismo, deben invitar al público a participar en la iteración de la construcción de inteligencia urbana a través de consultas públicas y recopilación de opiniones, asegurando que los frutos del desarrollo de la inteligencia urbana beneficien a todos los ciudadanos, en particular a los grupos vulnerables.



Gobiernos nacionales y locales

Impulso sistémico de la construcción de infraestructuras y las garantías institucionales

Una de las garantías importantes para la realización de la inteligencia urbana es la necesidad de formular estrategias y hojas de ruta nacionales para el desarrollo de la inteligencia urbana, definiendo claramente la visión de desarrollo, las áreas prioritarias y los objetivos por fases. Al mismo tiempo, los gobiernos locales deben formular estrategias de implementación localizadas en función de sus propios recursos y desafíos. Abogamos por que, bajo la premisa de garantizar la seguridad y la privacidad, los gobiernos nacionales y locales incrementen la inversión en la apertura de datos públicos e infraestructuras, promoviendo la apertura ordenada y el intercambio de datos gubernamentales para liberar el valor de los datos públicos. Asimismo, la inteligencia urbana debe ser objeto de inversión prospectiva y planificación unificada como un nuevo tipo de infraestructura pública. Además, hacemos un llamado a los gobiernos nacionales y locales para que promulguen oportunamente la legislación y las políticas sobre inteligencia urbana, ponderando por igual el fomento de la innovación y la prevención de riesgos, y el trazado de “líneas rojas” claras para



su desarrollo. También recomendamos que se pueda fomentar la innovación tecnológica y de modelos en entornos controlados mediante el establecimiento de sandboxes regulatorios y la provisión de fondos de innovación.

5.3 La Iniciativa de Colaboración Global “IA + Ciudad”

En un contexto de cambio climático global, restricciones crecientes de recursos y una complejidad urbana sin precedentes, las ciudades se han convertido en actores clave

para la implementación de la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible de la ONU. La nueva revolución tecnológica, representada por la IA, está remodelando la operación urbana, la asignación de recursos y los modelos de gobernanza. “IA + Ciudad” no es solo la aplicación de tecnologías inteligentes en la ciudad, sino un nuevo paradigma de civilización urbana que logra un desarrollo de mayor calidad con menos recursos. Por ello, proponemos sinceramente la iniciativa de colaboración global “IA + Ciudad”, para impulsar la formación de un ecosistema de desarrollo de inteligencia urbana abierto, compartido, colaborativo y seguro (Figura 5-1).

Iniciativa de colaboración global “IA + Ciudad”



Recomendaciones de acción conjunta para los constructores ciudadanos



Figura 5-1: Iniciativa y acción global de “IA + Ciudad”

Fuente: Elaboración propia del autor



(1) Construir ciudades eficientes en el uso de recursos, creando una vida mejor con menos recursos

Ante las múltiples restricciones de energía, suelo, agua y entorno ecológico, el modelo de desarrollo urbano tradicional que depende de una alta inversión y un alto consumo ya no es viable. La misión central de construir ciudades eficientes en el uso de recursos es lograr un salto sistémico en la eficiencia de la asignación de recursos, soportando servicios públicos de mayor calidad y una vida urbana mejor con un menor consumo de recursos y coste ambiental. Este consenso es, en esencia, una actualización del concepto de desarrollo sostenible:

- Del “crecimiento expansivo dependiente del consumo de recursos” hacia el “ahorro de recursos en busca de un crecimiento intensivo”
- De la “restricción pasiva” hacia la “optimización activa”
- De la “eficiencia sectorial” hacia la “eficiencia sistémica”

(2) Utilizar bien la tecnología de IA para apoyar integralmente la construcción de ciudades eficientes en el uso de recursos

La clave para alcanzar el objetivo de una ciudad eficiente en el uso de recursos radica en tomar la construcción de sistemas de inteligencia urbana como palanca, impulsando la aplicación profunda de la IA a escala urbana.

Mediante la sinergia integrada de “capacidad de cálculo - datos - modelos”, se logra una regulación precisa y una optimización dinámica de los recursos urbanos en todo el territorio y en todo el ciclo. Las acciones clave se reflejan en el establecimiento de cuatro mecanismos:

- Percepción precisa de la demanda: a través de la red de observación y percep-

ción urbana, comprender en tiempo real el estado y las tendencias de la oferta y la demanda de recursos como energía, agua, transporte y servicios públicos.

- Despacho inteligente de la oferta: basándose en modelos predictivos y aprendizaje por refuerzo, lograr una coordinación intersectorial e intersistémica de los recursos, reduciendo el desperdicio estructural y la inversión redundante.
- Salto en la eficiencia a nivel de sistema: pasar del “ahorro energético puntual” a la “mejora sinérgica de la eficiencia energética general y la resiliencia urbana”.
- Operación continua y evaluación de retroalimentación: hacer que la IA sea una “capacidad a largo plazo” en la gobernanza de los recursos urbanos, y no un proyecto a corto plazo o una herramienta aislada.

(3) Realizar una buena construcción de la inteligencia urbana, promoviendo “IA + Ciudad” con una visión holística

“IA + Ciudad” debe adherirse a una Visión Holística, impulsando el proceso desde la observación urbana hasta la formación de la inteligencia urbana. Esto viene determinado por la naturaleza de la ciudad como un “súper-sistema complejo de gran escala”. Al adherirse a la visión holística, “IA + Ciudad” transita de la superposición tecnológica a la evolución sistémica, formando gradualmente un sistema de inteligencia urbana sosteniblemente evolutivo, escalable y gobernable. La visión holística abarca al menos la integralidad en tres niveles de la ciudad:

- Integralidad de los recursos: la energía, el suelo, el agua, la ecología, el transporte y los servicios públicos son los sistemas compuestos altamente acoplados que requieren una gobernanza coordinada.



- Integralidad de los datos: romper las barreras de datos sectoriales para formar una base de datos unificada de la escala cruzada, el ámbito cruzado y el espacio-temporal.
- Integralidad organizativa: impulsar la gobernanza colaborativa entre el gobierno, las empresas, las comunidades, el público y las instituciones de investigación.

(4) Persistir en el enfoque centrado en las personas, creando escenarios de buena gobernanza

El significado de crear escenarios de buena gobernanza en "IA + Ciudad" es "tomar las necesidades humanas como punto de partida y la buena gobernanza como objetivo". Por lo tanto, es necesario guiarse por problemas y escenarios reales, siguiendo la hoja de ruta de "guía por escenarios - adaptación tecnológica - sinergia institucional - promoción a escala", para reflejar la buena gobernanza en la planificación, construcción y operación de los escenarios.

- Fase de planificación: establecer las bases de la buena gobernanza con la "alineación de valores" y el "diseño inclusivo", pasando de un enfoque "impulsado por la tecnología" a uno "impulsado por problemas" y "por valores". En la fase de planificación del escenario, se debe clarificar: ¿qué problema urbano concreto resuelve este escenario? ¿A quién sirve? ¿Qué valor público creará? Asegurando que el escenario esté impulsado por el bien.
- Fase de construcción: construir un ecosistema confiable con "legalidad y transparencia", integrando "cumplimiento normativo" y "ética" en la arquitectura técnica por diseño, y construyendo simultáneamente los límites de la inteligencia urbana sobre la base de "seguridad, confiabilidad y controlabilidad".

- Fase de operación: mejorar la eficacia del servicio con la "respuesta efectiva" y el "aprendizaje continuo", estableciendo un ciclo cerrado dinámico de evaluación del rendimiento y retroalimentación que incluya tanto indicadores técnicos como el "rendimiento del sistema" y la "velocidad de respuesta", como indicadores sociales como la "satisfacción ciudadana", la "accesibilidad del servicio" y el "impacto en la equidad para diferentes grupos". Al mismo tiempo, establecer un acoplamiento efectivo entre los decisores humanos y los procedimientos de decisión inteligente urbana.

(5) Establecer una Alianza Global de Ciudades Inteligentes para compartir experiencias de gobernanza urbana

Para evitar los riesgos de fragmentación, duplicación constructiva y monopolio tecnológico en "IA + Ciudad", urge establecer una Alianza Global de Ciudades Inteligentes transnacional e interdisciplinaria, que comparta experiencias de gobernanza urbana y se convierta en una plataforma clave para que la inteligencia urbana transite de la exploración tecnológica a la cooperación institucionalizada global. Sus misiones centrales incluyen:

- Coordinar estándares: promover la formación de estándares técnicos globales, normas de datos y criterios éticos para la inteligencia urbana.
- Impulsar la construcción conjunta: promover la construcción de capacidades y la transferencia de tecnología entre países desarrollados y en desarrollo.
- Fomentar el intercambio: facilitar el intercambio de experiencias y los proyectos piloto conjuntos entre ciudades en áreas como respuesta al calor extremo, la gobernanza del tráfico, la reducción de emisiones de carbono y la seguridad pública.



- Construir sinergias: tejer una red de colaboración diversa que conecte gobiernos, organizaciones internacionales, instituciones de investigación, empresas tecnológicas y organizaciones sociales.

(6) Crear un ecosistema de código abierto para la inteligencia urbana, compartiendo más ampliamente los avances en tecnología de IA

Para apoyar el desarrollo sostenible y la aplicación inclusiva de la inteligencia urbana, se propone construir conjuntamente un sistema de bienes públicos digitales de inteligencia urbana abiertos globalmente, incluyendo plataformas como citybrain.org, creando un ecosistema de código abierto para la inteligencia urbana. Esto incluye la construcción en cuatro direcciones:

- Observación urbana holística: construir un sistema de observación urbana global que cubra “cielo y tierra”, el cual proporcionará capacidades de observación globalmente comparables y transferibles entre ciudades.
- Modelo fundacional del centro de datos urbanos: construir una base de datos y un modelo fundacional a escala de ciudad, proporcionando una “representación subyacente universal” para simulaciones entre ciudades, proyección de políticas y evaluación sistémica.
- Motor de inteligencia urbana: integrar profundamente modelos de IA y otras tecnologías emergentes de IA para formar un motor de decisión inteligente a nivel de ciudad que posea capacidades de cognición, proyección y predicción de la operación urbana, apoyando escenarios críticos de decisión.
- Plataforma de servicios de inteligencia urbana: proporcionar un sistema de servicios abiertos orientado a la gobernanza colaborativa, la cogestión plural y la investigación abierta.

“IA + Ciudad” no es solo un proyecto de innovación tecnológica, sino una causa de colaboración global que concierne al modo de evolución de la civilización urbana humana. Al abogar conjuntamente por el consenso de valor de crear una vida mejor con menos recursos, por modelos de gobernanza más inteligentes, justos y seguros, y por la co-creación de un sistema de bienes públicos digitales abierto, compartido e inclusivo, tenemos la esperanza de impulsar a las ciudades desde la vía de desarrollo tradicional de alto consumo de recursos hacia un nuevo paradigma de desarrollo inteligente eficiente y ahorrador, avanzando juntos hacia un futuro urbano más seguro, verde, inclusivo y sostenible.



Referencias bibliográficas

- [1] Affairs, U. N. D. of E. and S. The Sustainable Development Goals Report 2025. (United Nations, 2025). doi:10.18356/9789211071597.
- [2] United Nations General Assembly. Transforming Our World: The 2030 Agenda for Sustainable Development. <https://undocs.org/A/RES/70/1> (2015).
- [3] Igini, M. None of 17 UN SDGs on Track to Be Achieved By 2030. Earth.Org <https://earth.org/none-of-17-un-sdgs-on-track-to-be-achieved-by-2030-report-finds/> (2025).
- [4] United Nations. Cities and sustainable urbanization. (2019). <https://www.un.org/sustainabledevelopment/cities/>
- [5] World Energy Outlook 2024 – Analysis. IEA <https://www.iea.org/reports/world-energy-outlook-2024> (2024).
- [6] Environment, U. N. Emissions Gap Report 2024 | UNEP - UN Environment Programme. <https://www.unep.org/resources/emissions-gap-report-2024> (2024).
- [7] World Cities Report 2024. <https://unhabitat.org/wcr/> (2024).
- [8] Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). AR6 Synthesis Report: Climate Change 2023. <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/> (2023).
- [9] Bar- Yosef, O. The Walls of Jericho: An Alternative Interpretation. *Curr. Anthropol.* 27, 157–162 (1986).
- [10] Postgate, N. *Early Mesopotamia: Society and Economy at the Dawn of History.* (Routledge, 2017).
- [11] Meadows, D. H., Randers, J. & Meadows, D. L. The Limits to Growth (1972). In *The Future of Nature* (eds Robin, L., Sörlin, S. & Warde, P.) 101–116 (Yale University Press, 2017). doi:10.12987/9780300188479- 012.
- [12] Seto, K. C., Güneralp, B. & Hutyra, L. R. Global forecasts of urban expansion to 2030 and direct impacts on biodiversity and carbon pools. *Proc. Natl. Acad. Sci.* 109, 16083–16088 (2012).
- [13] These start- ups are making cities more sustainable. World Economic Forum <https://www.weforum.org/stories/2023/11/cities-sustainable-innovation-entrepreneurs-solutions/> (2023).
- [14] Ritchie, H. & Roser, M. Water Use and Stress. Our World Data (2018).
- [15] Dickinson, K. Urban Water Facts and Figures | CityChangers.org. CityChangers.org – Home Base for Urban Shapers <https://citychangers.org/water-facts/> (2023).
- [16] United Nations World Water Development Reports | UN World Water Development Report. <https://www.unesco.org/reports/wdr/en/reports>.
- [17] Andersen, I. Improving water resource management to address the climate emergency. *UN Chronicle* (2020). <https://www.un.org/en/un-chronicle/we-cannot-address-climate-emergency-without-improving-water-resource-management>
- [18] UNESCO. Imminent risk of a global water crisis, warns the UN World Water Development Report 2023. <https://www.unesco.org/en/articles/imminent-risk-global-water-crisis-warns>



un- world- water- development- report- 2023 (2024).

[19] Kuzma, S., Saccoccia, L. & Chertock, M. 25 Countries, Housing One- Quarter of the Population, Face Extremely High Water Stress. <https://www.wri.org/insights/highest- water- stressed- countries> (2023).

[20] Sustainable Development Goals: Are we on track for 2030? World Economic Forum <https://www.weforum.org/stories/2025/09/sdg- progress- report- 2025/> (2025).

[21] Steffen, W. et al. Planetary boundaries: Guiding human development on a changing planet. *Science* 347, 1259855 (2015).

[22] Planetary boundaries. <https://www.stockholmscience.org/research/planetary- boundaries. html> (2012).

[23] Sciences, C. A. of. Big earth data in support of the sustainable development goals. (2020).

[24] International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2023: The Decade for Action. <https://www.iea.org/reports/energy- efficiency- 2023> (2023).

[25] Organisation for Economic Co- operation and Development (OECD). Rethinking Urban Sprawl: Moving Towards Sustainable Cities. (OECD Publishing, Paris, 2018). doi:10.1787/9789264189881- en.

[26] SDG6, E. T. Global water crisis: Leaks and poor infrastructure lead to massive losses. *Global society.earth* <https://www.globalsociety.earth/post/global- water- crisis- leaks- and- poor- infrastructure- lead- to- massive- losses> (2024).

[27] Jian, Wang et al. Estudio sobre la optimización de la escala y la estructura urbana desde la perspectiva de la digitalización urbana. En Fu Zhihuan, Wu Zhiqiang, *Grandes ciudades, grandes vías: Estudio estratégico sobre la escala de desarrollo y la estructura de las megaciudades y megaciudades de mayor tamaño de China*. Beijing: Social Sciences Academic Press, 2023.

[28] Leakage in water infrastructure exacerbating water scarcity. <https://www.consultancy- me. com/news/6706/leakage- in- water- infrastructure- exacerbating- water- scarcity>.

[29] International Energy Agency. World Energy Outlook 2023. <https://www.iea.org/ reports/ world- energy- outlook- 2023> (2023).

[30] INRIX. INRIX 2023 Global Traffic Scorecard: London most congested city in Europe; congestion costing the UK £7.5 billion. INRIX <https://inrix.com/press- releases/2023- global- traffic- scorecard- uk/>.

[31] UNSD. The Sustainable Development Goals Report 2023. <https://unstats.un.org/sdgs/ report/2023/goal- 11> (2023).

[32] Jian, Wang . La inteligencia artificial integra los recursos públicos; el Cerebro Urbano gobierna la ciudad del futuro. Discurso en la gala "Ideas de Fin de Año 2018" de Zhejiang TV (2018).

[33] Ritchie, H., Samborska, V. & Roser, M. Urbanization. <https://ourworldindata. org/ urbanization> (2024).

[34] UNSD. The Sustainable Development Goals Report 2022. <https://unstats.un.org/sdgs/ report/2022/Goal- 11> (2022).



- [35] UN- Habitat. World Cities Report 2020: The Value of Sustainable Urbanization (United Nations Human Settlements Programme, Nairobi, 2020). <https://unhabitat.org/World-Cities-Report-2020>
- [36] Science and I. Museum. Mapping Manchester's engines. (2025). <https://www.scienceandindustrymuseum.org.uk/objects-and-stories/mapping-manchesters-engines>
- [37] City of New York. History of electrification in NYC. (2024). <https://www.nyc.gov/assets/>
- [38] British Library. Manchester: Steam and the Industrial Revolution. (2024).
- [39] World Bank. Urban Development Overview. (2023). <https://www.worldbank.org/en/topic/urbandevelopment/overview>
- [40] C40 Cities Climate Leadership Group. C40 Cities: committing to net zero. (2024). <https://www.c40.org/>
- [41] Organisation for Economic Co- operation and Development (OECD). Sustainable urban mobility in cities. (2023). <https://www.oecd.org/transport/urban-mobility/>
- [42] United Nations. Secretary- General's remarks on cities and climate action. (2023). <https://www.un.org/sg/en/content/sg/speeches/2023-10-11/remarks-cities-and-climate-action>
- [43] Jian, Wang . Cerebro Urbano: Impulsar el desarrollo sostenible de la sociedad con recursos de datos: de la era de la electricidad a la era de la capacidad de cálculo. Ciencia de Vanguardia, 2019(2), 32-36. <https://doi.org/10.3969/j.issn.1673-8128.2019.02.009>
- [44] Jian, Wang. Being online: on computing, data, the internet, and the cloud (Arcade, 2021).
- [45] Jian, Wang. El código abierto no es solo abrir el código; la humanidad debe enviar la IA al espacio para salir de la Tierra. Discurso en la Conferencia de la Bund de Inclusión 2025. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_31611791
- [46] Jian, Wang. Los datos hacen que las ciudades sean superinteligentes. Perspectiva, 2020, 40-41 (2020).
- [47] United Nations Environment Programme (UNEP). Resource Efficient Cities: Global Initiatives and Guidance. UNEP, 2023. <https://www.unep.org/resources/resource-efficient-cities>
- [48] Jian, Wang. "Cerebro Urbano": El big data hace que las ciudades sean más inteligentes. Diario de la Iluminación, 2019. https://www.cac.gov.cn/2019-12/19/c_1578293837898291.htm
- [49] Jian, Wang. Hemos propuesto una nueva connotación para las infraestructuras urbanas humanas. The Paper, 2020. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_9535754
- [50] Batty, M. et al. Smart cities of the future. Eur. Phys. J. Spec. Top. 214, 481- 518 (2012). doi:10.1140/epjst/e2012- 01703- 3
- [51] Dirks, S. & Keeling, M. A vision of smarter cities: How cities can lead the way into a prosperous and sustainable future. IBM Inst. Bus. Value 8, 1- 17 (2009).
- [52] Kitchin, R. Making sense of smart cities: addressing present shortcomings. Camb. J. Reg. Econ. Soc. 8, 131- 136 (2015).
- [53] Caragliu, A., Del Bo, C. & Nijkamp, P. Smart cities in Europe. J. Urban Technol. 18, 65-



82 (2011).

[54] Kitchin, R. *The Data Revolution: Big Data, Open Data, Data Infrastructures and their Consequences*. (Sage Publications, 2014).

[55] Zhang, J. et al. City brain: practice of large- scale artificial intelligence in the real world. *IET Smart Cities* 1, 28- 37 (2019). doi:10.1049/iet- smc.2019.0034

[56] Cugurullo, F., Caprotti, F., Cook, M., Karvonen, A., McGuirk, P. & Marvin, S. Introducing AI into urban studies. In *Artificial Intelligence and the City: Urbanistic Perspectives on AI* (eds. Cugurullo, F., Caprotti, F., Cook, M., Karvonen, A., McGuirk, P. & Marvin, S.) 1- 20 (Springer, Cham, 2023). doi:10.1007/978- 3- 031- 32701- 0_1

[57] Johnston, W. S. In China, Alibaba's data- hungry City Brain' is controlling (and watching) cities. *Wired* (2018). <https://www.wired.com/story/alibaba- city- brain- artificial- intelligence- china- kuala- lumpur/>

[58] European Environment Agency. *Urban Sustainability Issues: What is a Resource- Efficient City?* (2021).

[59] SWAN Forum. *The Future of Leakage: Driving Performance Through Smart Water Technologies*. Smart Water Networks Forum (SWAN) (2021). <https://swan- forum.com>

[60] Jie, Fang . Nanchang sin restricciones de circulación. *Perspectiva Oriental Semanal* (2021).

[61] Guangli, Zhao, Jian, Wang: En la era de la IA y el Big Data, la innovación científica y tecnológica también debe ser de "código abierto". *Diario de Ciencias de China*. <https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2025/2/539205.shtml>

[62] Jian, Wang. "Inteligencia Artificial+" remodela miles de industrias. Programa Gran Aula de la Economía China de CCTV, 2025. <https://tv.cctv.com/2025/12/07/VIDEsg9jYsacCDFv2cjjwb8251207.shtml>

[63] UN- Habitat (United Nations Human Settlements Programme). *Smart Cities: A Systematic Review of the Literature* (UN- Habitat, 2020).

[64] Yin, B. Evaluation of Low- Traffic Neighborhoods and Scale Effects: The Case of Paris. *SAGE Open* 14, 21582440231170130 (2024). doi:10.1177/21582440231170130

[65] Google Research. Project Green Light's work to reduce urban emissions using AI. 2023. <https://blog.google/outreach- initiatives/sustainability/google- ai- reduce- greenhouse- emissions- project- greenlight/>

[66] Wu, K. et al. Big- data empowered traffic signal control could reduce urban carbon emission. *Nat. Commun.* 16, 2013 (2025). doi:10.1038/s41467- 025- 56701- 4

[67] Group on Earth Observations (GEO). *GEO Post- 2025 Strategy: Earth Intelligence for All* (2023).

[68] Zhejiang City University. El "Cerebro Urbano" dialoga con el "Servicio Global de Resiliencia al Calor GHRS". *The Paper*, 2025. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_31349912

[69] C40 Cities. *C40 Cities Annual Report 2022* (2022). <https://www.c40.org/reports/c40- annual- report- 2022>



- [70] Weidong, Luo. Una ciudad con cerebro, un pueblo más feliz. *Perspectiva Oriental Semanal* (2021).
- [71] United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division. *World Urbanization Prospects 2018: Highlights* (United Nations, New York, 2018). <https://population.un.org/wup/Publications/Files/WUP2018-Highlights.pdf>
- [72] National Bureau of Statistics of China. *China Statistical Yearbook 2025: Urban Permanent Population* (Beijing, 2025). http://www.stats.gov.cn/sj/sjjd/202501/t20250117_1958337.html
- [73] Ritchie, H., Rosado, P. & Roser, M. *Energy*. Our World Data (2023).
- [74] Kingdom, B., Liemberger, R. & Marin, P. *The Challenge of Reducing Non- Revenue Water in Developing Countries: How the Private Sector Can Help*. World Bank Discussion Paper No.8 (World Bank, Washington, DC, 2006). <https://documents1.worldbank.org/curated/en/385761468330326484/pdf/394050Reducing1e0waterOWSS81PUBLIC1.pdf>
- [75] Ministerio de Seguridad Pública de la República Popular China. El parque automovilístico nacional alcanza los 465 millones de vehículos y los conductores suman 556 millones. 2025. <https://www.mps.gov.cn/n2254314/n6409334/c10264814/content.html>
- [76] Centro de Investigación de Sistemas Inteligentes de Transporte (ITS) de la Universidad de Tongji & Centro de Investigación de Transporte del Futuro de AutoNavi. Informe sobre la seguridad vial urbana en China, 2024. <https://www.7its.com/index.php?a=index&aid=23154&c=Viet&m=home>
- [77] Jinping, Xi : *Zhi Jiang Xin Yu*. Hangzhou: Editorial Popular de Zhejiang, edición de 2007.
- [78] Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma del Gobierno de la República Popular China. Texto completo del Esquema del XI Plan Quinquenal de Desarrollo Económico y Social Nacional. Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma. <https://www.ndrc.gov.cn/xwdt/gdzt/ghjd/quanwen/>
- [79] Comisión Nacional de Desarrollo y Reforma. Plan de Implementación del Nuevo Tipo de Urbanización del XIV Plan Quinquenal. https://www.ndrc.gov.cn/fggz/fzzlgh/gjjzxgh/202207/t20220728_1332050.html
- [80] Jinping, Xi. Utilizar las tecnologías de la información para hacer que las ciudades sean más “inteligentes”. Agencia de Noticias Xinhua, 2020. Hacer que las ciudades sean más inteligentes, el Presidente Xi en su visita a Zhejiang proporciona directrices importantes para impulsar la modernización del sistema y la capacidad de gobernanza urbana.
- [81] Comité Asesor de Ciudades del Futuro de China de ONU-Hábitat. *Perspectivas Asesoras de las Ciudades Futuras 2024: Gobernanza Digital Urbana*.
- [82] Toh, M. & Erasmus, L. Alibaba’s ‘City Brain’ is slashing congestion in its hometown | CNN Business. CNN. <https://www.cnn.com/2019/01/15/tech/alibaba-city-brain-hangzhou/index.html>
- [83] Xinhua. La inteligencia artificial “demuestra su valía” en el ámbito de la supervisión del entorno ecológico. 2025. <http://www3.xinhuanet.com/tech/20250314/49b550f44de04de48778a62a122f4fb/c.html>
- [84] Oficina de Suministro Eléctrico de Anshun. Oficina de Suministro Eléctrico de Anshun:



“IA” potencia el consumo de “electricidad” verde. 2025. <http://gz.people.com.cn/n2/2025/0328/c372080-41179317.html>

[85] De la motorización a la inteligencia: los “cambios” y los “desafíos” del transporte urbano de China. Red de Transporte Saiwen. <https://www.7its.com/index.php?m=home&c=View&a=index&aid=23929>

[86] Jian, Wang. ¿Por qué la distancia más lejana del mundo es la que hay entre una cámara y un semáforo? Conferencia principal de la Sociedad China de Estudios Urbanos, 2017. <https://news.21csp.com.cn/c28/201708/11361982.html>

[87] Jianguyun, Song. Primero en el país: tras eliminar la restricción por número de matrícula, la congestión del tráfico bajó en lugar de subir, ¿qué hizo bien Nanchang? The Paper, 2022. https://www.thepaper.cn/newsDetail_forward_20110809

Jian, Wang. El Cerebro Urbano y la digitalización están cambiando los modos de producción, vida y supervivencia de la humanidad. CRI Online, 2022. <https://ge.cri.cn/20220510/54f39299-b63d-ad9c-4173-74aec0b8a8d0.html>

[89] Ville de Paris. Paris Open Data Platform (data.paris.fr), 2024. <https://opendata.paris.fr>

[90] Greater London Authority. London Datastore: Open Data for London, 2024. <https://data.london.gov.uk>

[91] World Bank. Data for Better Lives: Data as a Development Asset (World Bank Group, 2023). <https://www.worldbank.org/en/publication/wdr2021>

[92] UN-Habitat. Data and Digitalization for Sustainable Urban Futures (United Nations Human Settlements Programme, 2023). <https://unhabitat.org>

[93] United Nations (Multistakeholder body). Governing AI for Humanity: Final Report (2024). https://www.un.org/sites/un2.un.org/files/governing_ai_for_humanity_final_report_en.pdf

[94] Li, X., Gong, P. et al. Global Urban Observation with Remote Sensing and Artificial Intelligence: A Review. Nat. Commun. 14, 5121 (2023). <https://doi.org/10.1038/s41467-023-40821-2>

[95] NASA. Landsat 9 Mission Overview (2024). <https://landsat.gsfc.nasa.gov/landsat-9>

[96] European Space Agency. Sentinel-2 User Handbook (2024). <https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2>

[97] Hermansen, A. & Osborne, C. The Economic and Workforce Impacts of Open Source AI. The Linux Foundation, San Francisco, CA, May 2025. <https://doi.org/10.70828/ITVQ4899>

[98] Epoch.ai. AI in 2030: Extrapolating Current Trends (2025). https://epoch.ai/files/AI_2030.pdf

[99] El modelo fundacional científico 021 del Laboratorio Zhijiang se presenta por primera vez. Diario de Ciencia y Tecnología. el 19 de diciembre de 2025.

[100] Qinghua, H., Huiping, X., Jie, F., Bin, Y.. Cerebro de Campus. Hangzhou: Editorial de la Universidad de Zhejiang, 2023.

[101] Se celebró la conferencia central de trabajo urbano en Beijing, Xi pronunció un importante discurso. Agencia de Noticias Xinhua. <https://www.gov.cn/yaowen/>



liebiao/202507/content_7032083. htm

[102] El “Cerebro Urbano” empodera la vida con datos. Diario de los Trabajadores, 2019. <https://cpc.people.com.cn/n1/2019/0730/c415067-31264538.html>

[103] Hangzhou, Zhejiang, perfecciona la plataforma “Qinqing en Línea”: impulsar que las políticas de apoyo a empresas y el desembolso de fondos lleguen de forma directa y rápida. Diario del Pueblo (13), 2025.

[104] United Nations, Division for Sustainable Development. Sustainable Resource - Efficient Cities: Making It Happen (United Nations Department of Economic and Social Affairs, 2012). <https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/1124SustainableResourceEfficientCities.pdf>

[105] Roche, S., Sangiambut, S. & Zheng, Z. Rethinking the Smart City as an Intelligent City: Archway. J. Community Inform. 20, 1- 26 (2024).

[106] <https://earthobservations.org/resources/what-is-earth-intelligence>

[107] United Nations Innovation Network / UN- Habitat. World Smart Cities Outlook 2024 (2025).

[108] Fu, X., Li, C., Quan, S. J., Yigitcanlar, T. & Wasserman, D. Large language models in urban planning. Nat. Cities 1- 8 (2025).

[109] Zheng, Y. et al. Urban planning in the era of large language models. Nat. Comput. Sci. 1- 10 (2025).

[110] Organisation for Economic Co- operation and Development (OECD). 5th OECD Roundtable on Smart Cities and Inclusive Growth (2025). <https://www.oecd.org/en/events/2025/10/5th-oecd-roundtable-on-smart-cities-and-inclusive-growth.html>

[111] Brukardt, R. How will the space economy change the world? (2022). <https://www.mckinsey.com/industries/aerospace-and-defense/our-insights/how-will-the-space-economy-change-the-world>

[112] Malings, C. A. Satellites and Low- Cost Sensors: Advantages, Limitations, and Opportunities for Integration. NASA Global Modeling and Assimilation Office (GMAO) / Morgan State University (GESTAR II Cooperative Agreement), PowerPoint presentation, Air Quality and IoT- Based Air Sensors Seminar NTRS Report 20230015855, Nov. 2023. <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/20230015855/downloads/iot4aq-seminar-20231108.pdf>

[113] United Nations (Multistakeholder body). Governing AI for Humanity: Final Report (2024).

[114] Instituto de Investigación del Cerebro Urbano de Zhejiang City University, Cuartel General de Construcción del Cerebro Urbano de Hangzhou. Práctica y reflexión sobre el Cerebro Urbano de Hangzhou 2.0: Soluciones de sistemas digitales para megaciudades y supergrandes ciudades. Hangzhou: Editorial de la Universidad de Zhejiang, 2025.

[115] Yao, Yao. La innovación y el significado del Reglamento de Promoción de la Gobernanza Urbana mediante el Cerebro Urbano de Hangzhou. Diario de Hangzhou, edición de teoría, el 9 de marzo de 2021.

[116] Grupo de Trabajo de Casos del Cerebro Urbano de Hangzhou. Cerebro Urbano: Escenarios clásicos de Hangzhou (2020-2021). Hangzhou: Editorial de la Universidad de Zhejiang, 2023.



[117] Oficina de Estadística de Shanghai. Comunicado principal de datos del Séptimo Censo Nacional de Población de Shanghai (Número 1). Oficina de Estadística de Shanghai, 2021. <https://tjj.sh.gov.cn/tjgb/20210517/cc22f48611f24627bc5ee2ae96ca56d4.html>

[118] Oficina General del Gobierno Popular Municipal de Shanghai. XIV Plan de Desarrollo Quinquenal para la Promoción Integral de la Transformación Digital Urbana de Shanghai (Hufubanfa [2021] Número 29). Gobierno Popular Municipal de Shanghai, 2021. <https://www.shanghai.gov.cn/nw12344/20211027/6517c7fd7b804553a37c1165f0ff6ee4.html>

[119] Oficina de Estadística de Shanghai, Equipo de Investigación de Shanghai de la Oficina Nacional de Estadística. Comunicado Estadístico de Desarrollo Económico y Social Nacional de Shanghai 2023. Oficina de Estadística de Shanghai, 2024. <https://tjj.sh.gov.cn/tjgb/20240321/f66c5b25ce604a1f9af755941d5f454a.html>

[120] Comisión Municipal de Economía e Informatización de Shanghai, Comisión Municipal de Desarrollo y Reforma de Shanghai, Comisión Municipal de Supervisión y Administración de Activos Estatales de Shanghai. Publicación conjunta del Plan de Implementación para Acelerar el Desarrollo de “IA+Manufactura” en Shanghai (Hujingxinruan [2025] N° 556). <https://www.shanghai.gov.cn/>

Perspectivas Asesoras de las Ciudades Futuras 2025

IA y Ciudades



ONU-HABITAT

6-1-83, Residencia Diplomática Jianguomenwai
Calle Xiushui, Número 1, Distrito Chaoyang, Beijing, China
www.unhabitat.org