

Uso de tecnologías de la 4RI en agua y saneamiento en América Latina y el Caribe

Autores:

Dr. Mirjana Stankovic

Dr. Ali Hasanbeigi

Mr. Nikola Neftenov

Tambourine Innovation Ventures

Editores técnicos:

Marcello Basani

Anamaría Núñez

Raphaëlle Ortiz

División de Agua y Saneamiento

NOTA TÉCNICA N°
IDB-TN-1910

Uso de tecnologías de la 4RI en agua y saneamiento en América Latina y el Caribe

Autores:

Dr. Mirjana Stankovic

Dr. Ali Hasanbeigi

Mr. Nikola Neftenov

Tambourine Innovation Ventures

Editores técnicos:

Marcello Basani

Anamaría Núñez

Raphaëlle Ortiz

Abril 2020

Catalogación en la fuente proporcionada por la
Biblioteca Felipe Herrera del
Banco Interamericano de Desarrollo
Stankovic, Mirjana.

Uso de tecnologías de la 4RI en agua y saneamiento en América Latina y el Caribe /
Mirjana Stankovic, Ali Hasanbeigi, Nikola Neftenov; editores, Marcello Basani,
Anamaría Núñez, Raphaëlle Ortiz.

p. cm. — (Nota técnica del BID ; 1910)

Incluye referencias bibliográficas.

1. Water-supply-Technological innovations-Latin America. 2. Water-supply-
Technological innovations-Caribbean Area. 3. Water quality management-
Technological innovations-Latin America. 4. Water quality management-Technological
innovations-Caribbean Area. 5. Water efficiency-Technological innovations-Latin
America. 6. Water efficiency-Technological innovations-Caribbean Area. 7. Sanitation-
Technological innovations-Latin America. 8. Sanitation-Technological innovations-
Caribbean Area. I. Hasanbeigi, Ali. II. Neftenov, Nikola. III. Basani, Marcello, editor.
IV. Núñez, Anamaría, editora. V. Ortiz, Raphaëlle, editor. VI. Banco Interamericano de
Desarrollo. División de Agua y Saneamiento. VII. Título. VIII. Serie.
IDB-TN-1910

Palabras clave: Agua, saneamiento, residuos sólidos, innovación, disrupción
tecnológica, desalación, desalinización, recuperación, sistemas de agua inteligente.
Códigos JEL: Q20, Q25, Q50

<http://www.iadb.org>

Copyright © 2020 Banco Interamericano de Desarrollo. Esta obra se encuentra sujeta a una licencia Creative Commons IGO 3.0 Reconocimiento-NoComercial-SinObrasDerivadas (CC-IGO 3.0 BY-NC-ND) (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/igo/legalcode>) y puede ser reproducida para cualquier uso no-comercial otorgando el reconocimiento respectivo al BID. No se permiten obras derivadas.

Cualquier disputa relacionada con el uso de las obras del BID que no pueda resolverse amistosamente se someterá a arbitraje de conformidad con las reglas de la CNUDMI (UNCITRAL). El uso del nombre del BID para cualquier fin distinto al reconocimiento respectivo y el uso del logotipo del BID, no están autorizados por esta licencia CC-IGO y requieren de un acuerdo de licencia adicional.

Note que el enlace URL incluye términos y condiciones adicionales de esta licencia.

Las opiniones expresadas en esta publicación son de los autores y no necesariamente reflejan el punto de vista del Banco Interamericano de Desarrollo, de su Directorio Ejecutivo ni de los países que representa.



USO DE
TECNOLOGÍAS DE LA

4RRI

EN AGUA Y SANEAMIENTO EN
AMÉRICA LATINA Y DEL CARIBE



Agradecimientos

Este informe no hubiera sido posible sin el financiamiento del Banco Interamericano de Desarrollo (BID). Expresamos nuestra gratitud a Marcello Basani, Anamaría Núñez y Raphaëlle Ortiz, todos del BID, por sus valiosos comentarios durante la preparación de este informe. Asimismo, quisiéramos agradecer a Ana Ristovska, diseñadora gráfica y asociada en comunicaciones de Tambourine Innovation Ventures, quien se ocupó de la edición.

- Edición lingüística: Julie Schwiertert Collazo (inglés) y Erick Rivera (español).
- Traducción al español: David Haskel.
- Traducción al portugués: Cecilia Bartalotti.
- Diseño final: Joanne Carolina López.

Índice

Listado de abreviaturas.....1

1.
Introducción2

2.
Inteligencia Artificial (IA)7
2.1 Estudios de casos10
2.2 Oportunidades y desafíos14

3.
**Internet de las Cosas (IdC)
y Big Data** 18
3.1 Estudios de casos 21
3.2 Oportunidades y desafíos 28

4.
Blockchain..... 31
4.1 Estudios de casos.....34
4.2 Oportunidades y desafíos36

5.
Drones y sensores remotos..... 39
5.1 Estudios de casos42
5.2 Oportunidades y desafíos46

6.
**Realidad virtual
y realidad aumentada** 47
6.1 Estudios de casos.....49
6.2 Oportunidades y desafíos54

ANEXO 1: ODS 6
Objetivos e indicadores.....56
Referencias..... 58

Listado de abreviaturas

4RI	Cuarta Revolución Industrial
ALC	América Latina y el Caribe
ANF	Agua no facturada
BID	Banco Interamericano de Desarrollo
EEUU	Estados Unidos
ELP	Evolución de largo plazo
GRH	Gestión de los recursos hídricos
IA	Inteligencia artificial
IdC	Internet de las cosas
IDH	Índice de Desarrollo Humano
OCDE	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
ODS	Objetivos de Desarrollo Sostenible
OMPI	Organización Mundial de la Propiedad Intelectual
PIB	Producto Interno Bruto
PYMES	Pequeñas y medianas empresas
RDA	Redes de Distribución de Agua
RGPD	Reglamento General de Protección de Datos
TI	Tecnología de la información
TIC	Tecnologías de la información y las comunicaciones
VAB	Valor añadido bruto
VANT	Vehículos aéreos no tripulados
WASH	Sector de Agua y Saneamiento (por sus siglas en inglés)
WEF	Foro Económico Mundial (por sus siglas en inglés)

1. Introducción

El Objetivo 6 de Desarrollo Sostenible (ODS 6) de las Naciones Unidas se propone asegurar la disponibilidad y gestión del agua y saneamiento para todos, incluyendo el fin de la práctica de defecación al aire libre, para 2030.¹ La falta de acceso a agua limpia y a saneamiento adecuado afecta todos los aspectos de la vida humana en el mundo entero y sus efectos negativos se hacen sentir con mayor vigor en los países menos desarrollados y en las comunidades marginalizadas. Alrededor del 36% de la población mundial vive en regiones donde escasea el agua, y más de 2.000 millones de personas no tienen más remedio que consumir agua contaminada. La contaminación del agua es la principal causa de la destrucción de ecosistemas, y produce una pérdida de biodiversidad que suele tener consecuencias irreversibles. Se estima que la escasez de agua producirá el desplazamiento de 700 millones de personas para 2030, en tanto que la desertificación pondrá en riesgo los medios de sustento de 1.000 millones de personas de 100 países distintos para 2050.² A pesar de estos riesgos, nuestra sociedad tiene muy pocos incentivos para consumir menos agua, mantener la calidad de esta o asignar fondos y recursos a ecosistemas o a objetivos sociales.³

Con el fin del cumplir con los propósitos del ODS 6, el Panel de Alto Nivel sobre el Agua hizo un llamado a realizar “un cambio fundamental en la manera en que el mundo concibe y gestiona el agua”, al tiempo que advirtió que, de no tomarse acción alguna, podría producirse un 40% de escasez en la disponibilidad de agua para 2030.⁴ Dado que las soluciones de financiamiento y las tecnologías tradicionales han demostrado no ser suficientes para resolver estos desafíos, ha surgido una urgente necesidad de desarrollar soluciones innovadoras para resolver las cuestiones de escasez y calidad del agua a nivel global.

Por suerte, los importantes avances tecnológicos producidos por la Cuarta Revolución Industrial (4RI) han aportado nuevas herramientas para acelerar el progreso en el cumplimiento de los objetivos fijados en la Agenda 2030. El término general 4RI designa una serie de nuevas tecnologías emergentes y disruptivas tales como la inteligencia artificial (AI), Big Data, la Internet de las Cosas (IdC), blockchain, drones y la realidad virtual y aumentada (RV/RA), por mencionar solo algunas de ellas (ver tabla 1). La 4RI provee métodos revolucionarios de organización, producción y distribución basados en la transformación digital y automatización que pueden borrar los límites entre los objetos físicos, convirtiéndolos en un amplio y complejo sistema de elementos interconectados e interdependientes.⁵

1 Ryder, G. (2018) How ICTs can Ensure the Sustainable Management of Water and Sanitation, en <https://news.itu.int/icts-ensure-sustainable-management-water-sanitation/>

2 Organización Mundial de la Salud (OMS), Fondo de las Naciones Unidas para la Infancia (UNICEF) (2017) Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines, en <https://www.who.int/mediacenter/news/releases/2017/launch-version-report-jmp-water-sanitation-hygiene.pdf>

3 ONU, Banco Mundial (2018) Making Every Drop Count, An Agenda for Water Action, en https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/17825HLPW_Outcome.pdf

4 ONU (2016) World Could Face Water Availability Shortfall by 2030 if Current Trends Continue, Secretary General Warns at Meeting of High-Level Panel, en <https://www.un.org/press/en/2016/sgsm18114.doc.htm>

5 Sukhodolov, Y. A. (2019) The Notion, Essence, and Peculiarities of Industry 4.0 as a Sphere of Industry. In Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century https://www.researchgate.net/publication/326547788_The_Notion_Essence_and_Peculiarities_of_Industry_4_0_as_a_Sphere_of_Industry

La finalidad de este informe es ofrecer un panorama de algunas de las actuales aplicaciones de cruciales tecnologías de la 4RI en el sector de agua y saneamiento (WASH, por sus siglas en inglés) tanto a nivel global como en la región de América Latina y el Caribe (ALC), y aportar un vistazo de los principales desafíos y oportunidades para el despliegue de estas tecnologías en dicho sector.

Tabla 1. Cuarta Revolución Industrial

Tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial					
IA	IdC	Blockchain	Drones y Teledetección	Realidad Virtual	Realidad Aumentada
Habilidad del sistema para interpretar correctamente datos externos, aprender de dichos datos y utilizar ese aprendizaje para alcanzar objetivos y tareas específicos mediante una adaptación flexible	Red de dispositivos y objetos conectados a Internet de rápido crecimiento.	El blockchain, o cadena de bloques, es un registro digital casi incorruptible de transacciones, acuerdos y contratos (bloques) que se distribuyen a través de miles de computadoras (cadena) en todo el mundo. Los datos se validan en forma descentralizada.	Vehículos voladores no tripulados controlados remotamente y que utilizan sensores y navegación por GPS.	Interfaz intuitiva que permite a las personas interactuar con una computadora y con datos en forma natural mediante la generación de experiencias multisensoriales, envolventes e interactivas situadas en un ambiente virtual 3D sensible generado por computadora.	Contenido generado por computadora que se superpone a un ambiente del mundo real.

Fuente: elaboración propia

Los países de América Latina y el Caribe han logrado mejorar la infraestructura básica de agua y saneamiento en las dos últimas décadas, si bien el progreso varía de país en país y persiste la disparidad del servicio entre los hogares urbanos y rurales.⁶ Como indica la figura 1, la región de ALC se ubica sobre el promedio mundial en lo que se refiere a provisión de servicios básicos para la población. Sin embargo, el ODS 6 va más allá de la idea de “servicios básicos”⁷, introduciendo el concepto de servicios “gestionados en forma segura”, lo que incluye la ubicación de los servicios hídricos, la disponibilidad del agua para el consumo general y también su calidad (ver anexo 1). Las figuras 1 y 2 muestran que a la luz de este marco más abarcador, los países de ALC aún afrontan serios desafíos en términos de saneamiento, aguas residuales, residuos sólidos, riesgos climáticos relacionados con el agua –tales como sequías e inundaciones– y reducción de las desigualdades.

6 Bertomeu-Sanches, S., et al (2018) Water and Sanitation in Latin America and the Caribbean: An Update on the State of the Sector, en <https://cadmus.eui.eu/handle/1814/52205>

7 Los servicios básicos de agua pueden definirse como “agua potable de una fuente mejorada, siempre y cuando el tiempo de recolección no sea más de 30 minutos para el viaje de ida y vuelta, incluyendo el tiempo de espera”. El saneamiento básico puede definirse como “el uso de instalaciones mejoradas no compartidas con otros hogares”. BID (2017) Why Business as Usual Will Not Achieve SDG6 in LAC The Promise of Wastewater Reuse, Green Infrastructure and Small Business Around WASH Conclusions from World Water Week 2016, en <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Why-Business-as-Usual-Will-Not-Achieve-SDG6-in-LAC-The-Promise-of-Wastewater-Reuse-Green-Infrastructure-and-Small-Business-around-WASH-Conclusions-from-World-Water-Week-2016.pdf>

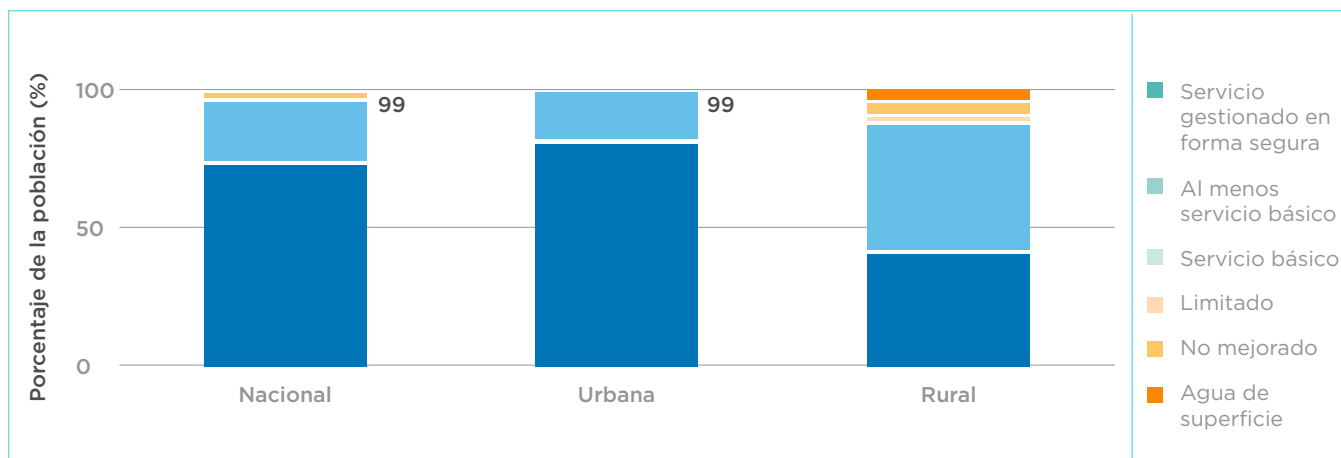


Figura 1. Porcentaje de la población que utiliza servicios de agua potable en ALC, por nivel de servicio y ubicación (2017).

Fuente: OMS, UNICEF (2017).

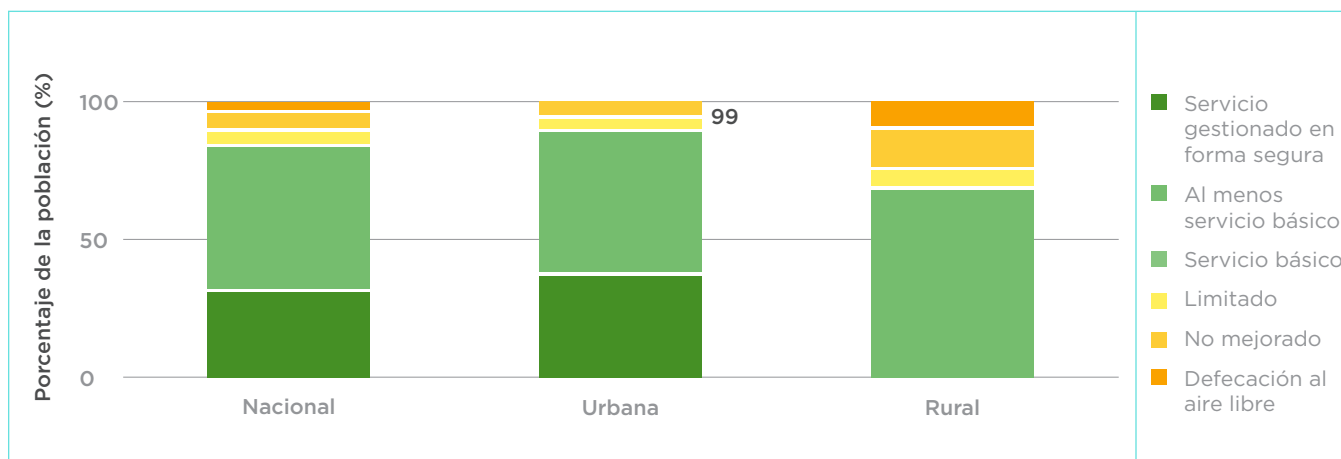


Figura 2. Porcentaje de la población que utiliza servicios de saneamiento en ALC, por nivel de servicio y ubicación (2017).

Fuente: OMS, UNICEF (2017).

Los países de ALC han reconocido la importancia de hacer frente a los desafíos planteados por el ODS 6, y han comenzado a ocuparse de dos obstáculos: *cerrar la brecha institucional* mediante la adaptación de políticas, marcos regulatorios, programas, estrategias financieras, y capacidades sectoriales, y de *cerrar la brecha informativa*, mediante la adaptación de tecnologías e instrumentos de recolección de acuerdo con los indicadores de los ODS.⁸

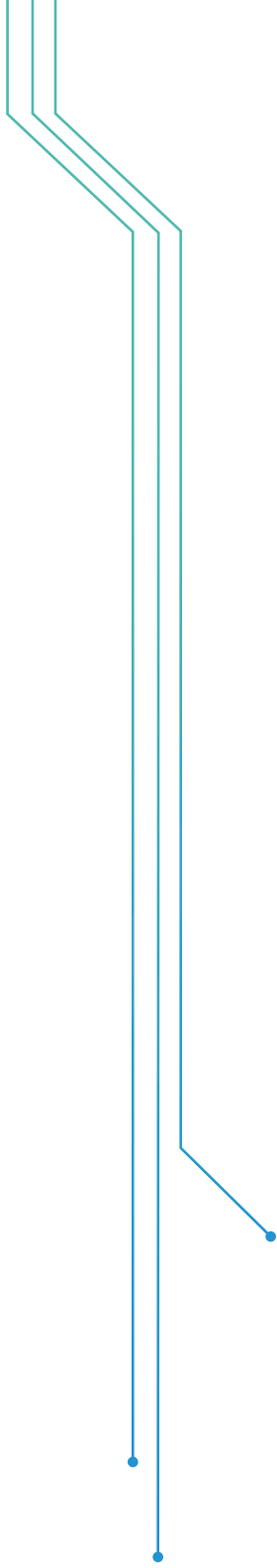
8 Baskovich, M., Arias Uijtewaal, B. F. (2018) Sneak Peek: A New Observatory for Water and Sanitation in Latin America and the Caribbean, en <https://blogs.worldbank.org/water/sneak-peek-new-observatory-water-and-sanitation-latin-america-and-caribbean>. Por esta razón es que cada tres años se lleva a cabo la conferencia regional "LATINOSAN", destinada a impulsar el debate sobre políticas y tecnologías entre los países de la región con el fin de promover el acceso a servicios sanitarios sostenibles y de calidad en áreas urbanas y rurales. Durante la conferencias, los países participantes concibieron la creación del Observatorio Latinoamericano de Agua y Saneamiento (OLAS). Este Observatorio, que cuenta con el respaldo del BID y de los gobiernos de ALC, tiene por finalidad actuar como un organismo que propugne la preparación de planes para mejorar la calidad de los planes de agua, saneamiento e higiene de modo de alcanzar los estándares requeridos por el ODS 6, de monitorear la implementación de dichos planes, de sistematizar el aprendizaje, y de diseminar el conocimiento, tanto en la región como más allá de sus fronteras.

Los actuales problemas de agua y saneamiento no pueden resolverse mediante métodos convencionales. Los recursos hídricos continuarán reduciéndose en la medida en que crezca la población, a lo que se suman las complejidades que afectan la gobernanza del agua y las barreras políticas para la gestión transfronteriza del recurso. Además de todo esto, las inversiones en tecnologías innovadoras en infraestructura de agua y saneamiento continúan siendo insuficientes.⁹

Esto se debe a que el sector de tecnologías hídricas está aún en sus albores en lo que respecta a la comprensión de las posibilidades de que la 4RI pueda aportar aplicaciones que realmente consigan ayudar a crear negocios, comunidades, ciudades y naciones inteligentes y resilientes alrededor del mundo. Algunas de las posibilidades que ofrece la 4RI para hacer frente a los problemas del agua son:

- **Disponibilidad y gestión sostenible de agua potable y saneamiento** (ODS 6.1 y 6.2): Más de 240 millones de personas que habitan mayormente en áreas rurales podrían quedar sin acceso al agua segura y limpia para 2050. Asimismo, se calcula que alrededor de 1.400 millones de personas que viven en su mayoría en países en desarrollo no tendrán acceso a servicios básicos de saneamiento para 2050. Debido a ello, surge la necesidad de aplicar nuevas tecnologías, como IdC e IA, que podrían aportar soluciones para que los sistemas de distribución envíen dinámicamente el agua hacia las áreas que en determinado momento registran mayor demanda. En forma similar, sistemas de comercialización entre pares basados en tecnología *blockchain* (que actualmente están siendo utilizados por granjeros en Australia) pueden ser utilizados para la compra y venta de agua directamente desde los proveedores a otros usuarios, reduciendo así la necesidad de intermediarios y sus costos y complicaciones asociados.
- **Tratamiento de aguas residuales y calidad del agua** (ODS 6.3): Se espera que la calidad de las aguas superficiales en los países en desarrollo se deteriore debido a los flujos de nutrientes de las escorrentías de la agricultura y también a causa de efluentes procedentes de instalaciones ineficientes para el tratamiento de aguas. Las consecuencias incluyen un mayor grado de eutrofización, pérdida de biodiversidad y un incremento de las enfermedades transmitidas por el agua. La IA, sensores inteligentes y otras tecnologías de IdC ya han hallado su aplicación en el monitoreo de las plantas de tratamientos de residuos para optimizar el uso de los recursos y programar el mantenimiento de equipos con base en los datos históricos.
- **Eficiencia en el uso del agua y estrés hídrico** (ODS 6.4): Se estima que para 2050, 3.900 millones de personas, o el equivalente a más del 40 % de la población mundial, dependerán de cuencas fluviales bajo un fuerte estrés hídrico. La IA y los sensores inteligentes han sido utilizados para detectar pérdidas de agua en estadios tempranos, reduciendo en gran medida el potencial de dichas pérdidas. Los sistemas de comercialización entre pares basados en el *blockchain* y contratos inteligentes podrían utilizarse para comercializar en forma segura y transparente el exceso de agua entre hogares.
- **Ecosistemas basados en el agua** (ODS 6.6): Se calcula que la cantidad de gente en riesgo de verse afectada por inundaciones se elevará de 1.200 millones en 2019 a 1.600 millones en 2050, o cerca del 20 % de la población mundial. Tecnologías como la IA, la IdC o los

9 Results for Development Institute (2017) Challenge Funds and Innovation in the Water Sector: A Report to The High-Level Panel on Water, en https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/153732_HLPW_Final_Report_pdf_3.pdf



drones ya se están utilizando para monitorear vías navegables y grandes reservorios de agua, reunir gran cantidad de datos en tiempo real y medir vastas áreas hídricas con mucha mayor precisión que los métodos convencionales, en una fracción del tiempo y del costo que insumían.¹⁰

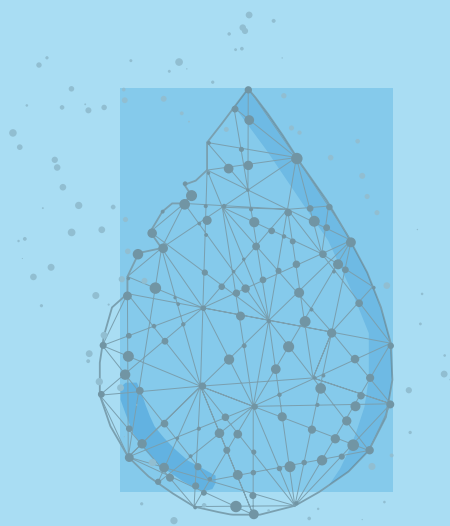
Sin embargo, la tecnología por sí sola no alcanza para resolver todos los problemas, dado que las crisis hídricas suelen ir asociadas a una pobre gobernanza del recurso. Se estima que más del 80 % de las aguas residuales generadas en los países en desarrollo se descargan sin tratamiento alguno a cuerpos de agua superficiales; que el 12 % de la población del mundo carece de acceso a servicios de agua potable; y que 3,4 millones de personas, en su mayoría niños, mueren cada año por enfermedades transmitidas por el agua.¹¹

En los países menos desarrollados, la pobreza es multidimensional, afectando a muchos sectores, entre ellos WASH. En dichos países, la falta de servicios WASH constituye un problema de grandes proporciones. Atacar las desigualdades en ese sector requiere la adopción de una estrategia holística. Incluso cuando están disponibles soluciones técnicas de avanzada, resulta difícil utilizarlas para definir los roles y responsabilidades de las partes involucradas. A pesar de la capacidad de las tecnologías emergentes para apoyar e informar a los encargados de la toma de decisiones en empresas, gobiernos y organizaciones no gubernamentales, es necesario que se escuchen las voces de todas las partes interesadas de las distintas áreas relevantes si lo que se desea es generar políticas sólidas. Para que el objetivo se cumpla, las tecnologías deben ir de la mano de y relacionadas con modelos empresarios y mecanismos financieros. Estos actores pueden ser movilizados por programas de emprendimiento, tales como competencias con premios y *crowdsourcing*.

¹⁰ <https://www.preventionweb.net/sendai-framework/sdg/target>

¹¹ <https://www.2030vision.com/global-goals/clean-water-and-sanitation>

Inteligencia artificial (IA)



2. Inteligencia artificial

(IA)

Las dificultades surgen cuando intentamos definir con precisión qué es la IA, ya que no se trata de un concepto claramente delineado, y porque además se halla en constante evolución. En muchos casos, lo que en determinado momento hemos considerado como IA es ahora visto simplemente como algo que los sistemas de computadoras pueden hacer, tales como una búsqueda en Internet, navegación por carretera o filtros de *spam*. Una definición más científica describe a la IA como: “La capacidad de un sistema de interpretar adecuadamente datos externos, aprender de los mismos y utilizar ese aprendizaje para lograr metas y tareas específicas mediante la adaptación flexible”.¹² En un sentido más práctico, la IA se refiere a máquinas (agentes) que piensan y actúan como si fueran humanos.¹³

En este informe nos referiremos a los sistemas de IA que típicamente tienen cierto grado de autonomía y que son adaptables. Esto significa que tienen la capacidad de procesar datos externos y de aprender de la experiencia. Estos sistemas a menudo tienden a imitar el comportamiento *natural* de la inteligencia humana y han sido desarrollados para resolver problemas específicos mejor que los humanos. Mientras que muchos sistemas de IA tienen la capacidad de operar en forma autónoma, suelen funcionar mejor cuando operan en tándem con la inteligencia humana para comprender determinadas cuestiones, resolver algunos temas definidos por humanos, y aprender mediante las conclusiones extraídas del procesamiento de datos. Este estudio se enfoca en la IA *estrecha*, es decir, en sistemas de IA específicos que poseen un propósito definido enfocado en resolver problemas puntuales en el sector de agua y saneamiento. Los sistemas de IA estrecha deben diferenciarse de los sistemas de IA *generales* que pueden llegar a desarrollarse en un futuro. Estos sistemas generales podrían llegar a mejorarse a sí mismos en forma totalmente independiente de los humanos, lo cual es un objetivo comúnmente conocido como *singularidad*.¹⁴ Este concepto puede visualizarse en la siguiente figura:

12 Kaplan, A., Haenlein, M. (2018) Siri, Siri in my Hand, who's the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations and Implications of Artificial Intelligence, en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393>

13 Elsevier (2018) Artificial Intelligence: How Knowledge is Created, Transferred, and Used. Trends in China, Europe, and the United States, en <https://www.elsevier.com/?a=827872>

14 Walsh T. (2018) Machines that Think: The Future of Artificial Intelligence



Figura 3. Principales elementos de la IA

Fuente: elaboración propia

Durante la última década, los investigadores han hecho cruciales avances en la solución de problemas de larga data relacionados con el aprendizaje automático y el reconocimiento de imágenes y de voz. Como resultado, la IA ha impulsado el uso de aplicaciones innovadoras en varias áreas y se ha convertido rápidamente en una parte integral en casi todos los aspectos de nuestras vidas cotidianas. Por ejemplo, la IA puede utilizarse para hallar nuevas soluciones de construcción y diseño y para ampliar la cooperación entre las personas y las máquinas a lo largo de toda la cadena de valor. No obstante, existe un consenso de que lo que observamos hoy es solo el comienzo de la revolución de la IA, ya que se esperan avances y cambios que sin duda alguna producirán algunas de las mayores revoluciones tecnológicas en la historia de la humanidad.

La IA tiene el potencial de afectar cada aspecto de la economía y transformar la forma en que trabajamos y vivimos. Será un factor disruptivo de la economía, al reducir los costos de las predicciones en los negocios. Para los encargados de la toma de decisiones,¹⁵ la IA amplificará tanto el capital y el trabajo como insumos de la actividad económica, lo que a su vez dará un importante impulso a la productividad¹⁶ Este impulso a la productividad puede también ser disruptivo, ya que puede eliminar muchos puestos de trabajo debido a la capacidad de la IA de replicar las actividades laborales a escala y velocidad muy superiores respecto de los humanos. La capacidad disruptiva de la IA ya se hizo sentir entre los empleados de Amazon, que se vieron forzados a cumplir las cuotas de productividad logradas por los robots en los almacenes de la empresa, muchas veces poniendo en riesgo su propia seguridad y bienestar.¹⁷

¹⁵ McKinsey Quarterly (2018) The Economics of Artificial Intelligence, en <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/the-economics-of-artificial-intelligence>

¹⁶ <https://www.accenture.com/us-en/insight-artificial-intelligence-future-growth>

¹⁷ NPR (2019) Amazon Warehouse Employees Face Serious Injuries, Report Says, en <https://www.npr.org/2019/11/27/783223343/amazon-warehouse-employees-face-serious-injuries-report-says>

La IA se convertirá en un importante punto de inflexión para el funcionamiento de nuestras economías, empoderando a los humanos mediante la utilización de vastas cantidades de datos de reciente disponibilidad y ayudándolos a comprender, razonar, aprender y predecir para que puedan tomar mejores decisiones.

Tabla 2. Impacto de la IA en la economía global

		2018 - 2030
Aumento Del PIB	Global	14 %
	América del Norte	14.5 %
	Europa	9.9 % - 11.5 %
	América Latina y el Caribe	3 % - 4 %
	Sudáfrica	3.5 % - 4.5 %
Aumento de la actividad económica global		16 %

Fuente: elaboración propia

La IA, una tecnología fundamental de la 4RI, podría utilizarse como valiosa herramienta para hacer frente a varios desafíos que debe superar ALC para su desarrollo. Según Statista, el valor de mercado de la IA en América Latina se estimaba en 2017 en unos US\$ 95 millones, con un crecimiento esperado de US\$ 2.800 millones para 2025.¹⁸ La IA tiene el potencial de impulsar el crecimiento económico en toda ALC, con Brasil como candidato a ser el mayor beneficiario en términos absolutos: US\$ 432.000 millones en su valor añadido bruto (VAB) para 2035, o un crecimiento del 0,9 % en ese año.¹⁹ Chile y Perú podrían experimentar un incremento del 1 % de su VAB para 2035 con ayuda de la IA, seguidos por Colombia, con un 0,8 %.²⁰ En tanto, se espera que la tasa de crecimiento de Argentina aumente del 3 % al 3,6 % para 2035 merced a la utilización de la IA, lo que agregaría casi US\$ 59.000 millones a su VAB.²¹

2.1. Estudios de casos

La cantidad de aplicaciones de IA se ha incrementado en los últimos años con los avances en la capacidad de las computadoras, la computación en la nube y la accesibilidad de cantidades permanentemente crecientes de datos y de sofisticadas herramientas para el análisis de datos.²² Según el Foro Económico Mundial (WEF), la IA ofrece oportunidades para hacer frente a los desafíos globales del medio ambiente.²³ La IA dirigida podría ayudarnos a afrontar los desafíos del cambio climático, la biodiversidad y la conservación, la sanidad de los océanos, la seguridad hídrica, el aire limpio y la resiliencia al clima y los desastres naturales.

18 Statista Research Department (2019) Artificial Intelligence Market Revenue Latin America 2016-2025 <https://www.statista.com/statistics/721751/latin-america-artificial-intelligence-market/>

19 Ovanessoff, A., Plastino, E. (2017) How Artificial Intelligence can Drive South America's Growth, en https://www.accenture.com/_acnmedia/pdf-48/accenture-ai-south-america.pdf#la

20 Ibid

21 Ibid

22 IQUII (2017) Artificial Intelligence: The Current Market, Technology, and the Most Promising Applications for Companies, en <https://medium.com/iqii/artificial-intelligence-the-current-market-technology-and-the-most-promising-applications-for-1717e680040b>

23 Foro Económico Mundial (2018) Harnessing Artificial Intelligence for the Earth, en http://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf

Aumentando la eficiencia del proceso de las empresas de agua

La IA puede permitir la creación de “sistemas hídricos digitales” más eficientes.²⁴ Muchas de las ineficiencias de los actuales sistemas de empresas de provisión de agua están siendo tratadas mediante sistemas analíticos basados en IA empoderados por sensores de IdC, una combinación lo suficientemente poderosa como para hacer un seguimiento, predecir y responder a los niveles de demanda hídrica en forma continua en la forma más efectiva y sostenible posible.²⁵

A esto se le conoce como “gestión inteligente del agua” o “agua digital”. Pone a la IA en el centro de una nueva manera de gestionar el recurso. El poder de procesamiento del sistema analiza efectivamente lo que ocurre en cada área, mientras que sus componentes de aprendizaje automático le permiten mejorar continuamente y asimilar cuál es la mejor manera de responder. La gestión inteligente del agua permite a los gobiernos y empresas proveedoras del recurso construir y ofrecer infraestructura hídrica supervisada por un proceso de gestión que nunca se cansa y que puede adaptar en forma permanente su manera de hacer frente a cualquier situación o contingencia.

Al conseguir por fin visualizar cada parte del panorama global, estos sistemas pueden mejorar sustancialmente la relación costo-rendimiento y la sostenibilidad de los actuales procedimientos de suministro de agua. Proyectos piloto llevados a cabo en Finlandia ya están aportando ejemplos del potencial de este enfoque, como lo han demostrado recientemente Silo.AI y Ramboll.²⁶ Su sistema piloto fue construido sobre una infraestructura de IdC preexistente para optimizar las operaciones de rutina de la empresa hídrica. El próximo paso contempla la creación de sistemas de IA con coparticipación humana en los que los elementos de IA manejan el procesamiento de datos, dejando así las manos libres de los operadores humanos para concentrarse en tareas más cognitivas, tales como la validación y clarificación del análisis del sistema de IA.

Este enfoque se aplica al tratamiento de aguas y también a las operaciones de suministro. Recientemente, la empresa hídrica australiana Melbourne Water reveló el éxito de las pruebas realizadas por su plataforma de IA, que calibra la utilización óptima de sus bombas sin la necesidad de intervención y supervisión humanas. Este programa piloto sugiere que el sistema puede ayudar a la empresa matriz a alcanzar ahorros de energía de más del 20 %.²⁷

24 World Future Energy Summit (2019) The Power of Data: How Artificial Intelligence is Transforming Water <https://www.worldfutureenergysummit.com/wfes-insights/ai-cleantech-applications-part-3-ai-in-water#/>

25 Huneus Guzmán, C. (2019) Digital Water Transformation: The Promise of Artificial Intelligence, en <https://medium.com/datadriveninvestor/digital-water-transformation-the-promise-of-artificial-intelligence-7d88fb07e79b>

26 Alanen, P., (2019) How Artificial Intelligence is Transforming the Water Sector: Case Ramboll, en <https://silo.ai/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-water-sector-case-ramboll/>

27 Wells, H. (2018) How Melbourne, Australia Uses AI to Cut Water Treatment Costs, en <https://news.itu.int/melbourne-cut-down-water-costs-using-ai/>

Manejando el desperdicio en la fuente

La IA puede permitir una mayor conservación del agua desde la bomba al grifo.²⁸ Además de evaluar correctamente y aportar el agua según el grado de demanda, la IA se está convirtiendo en un factor esencial en la lucha contra el desperdicio del recurso hídrico. Evitar el derroche es crucial en países con estrés hídrico y escasez de agua. Cada litro que se desperdicia por filtraciones, caños que se rompen u otros inconvenientes es un litro que podría salvar o mejorar vidas.

La prevención de las pérdidas no es solo una cuestión regional, sino que tiene alcance global. Los Estados Unidos desperdician 7.000 millones de galones de agua potable por día. La cantidad de agua perdida antes de llegar a los hogares debido a cañerías rotas se estima en alrededor del 15 % en los países desarrollados, y hasta en 50 % en las naciones en desarrollo.²⁹ Lo mismo puede decirse de ALC, a pesar de ser una región que cuenta con algunos de los mayores ríos y lagos del mundo. Con el imperativo de reducir tamañas pérdidas del recurso, se puede utilizar la IA para analizar los flujos hídricos en tiempo real, enviando alertas y clausurando automáticamente sistemas cuando se detecten pérdidas o anomalías. Este enfoque evita las pérdidas del recurso y ahorra costos operativos, dado que el sistema puede reaccionar en una fracción del tiempo que le insumiría a un equipo humano de ingeniería observar, hallar y arreglar el problema sin asistencia.³⁰

Seguridad Hídrica

La IA puede utilizarse para mejorar la seguridad del agua en la región.³¹ La siguiente figura presenta un ejemplo de cómo puede aplicarse la IA para mejorar la seguridad del agua:

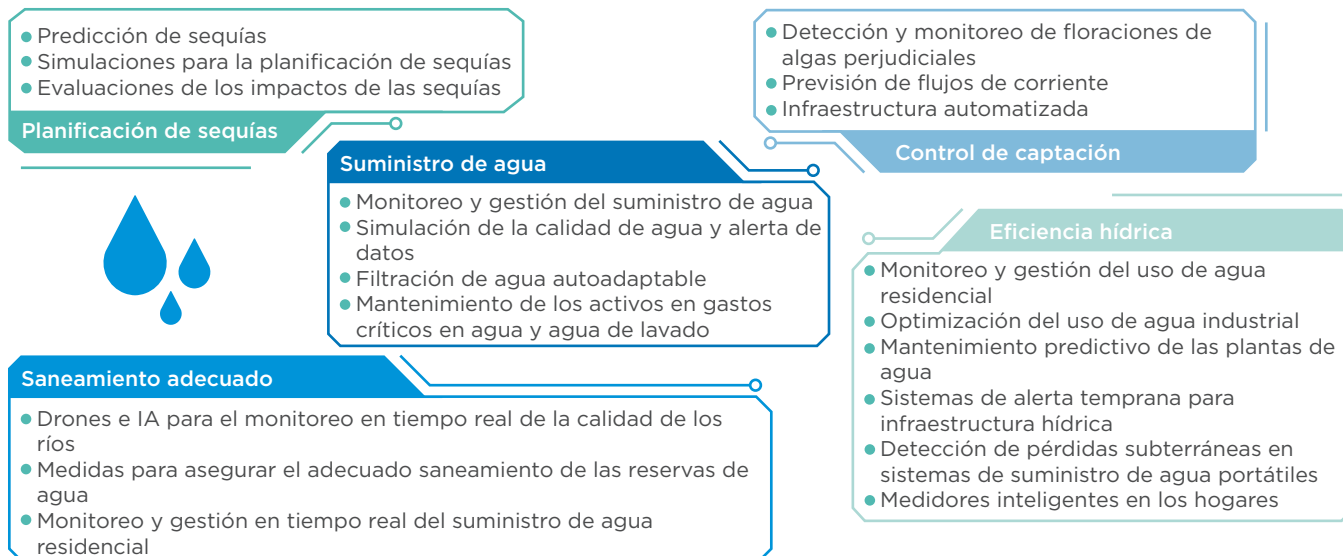


Figura 4. Seguridad Hídrica

Fuente: adaptado de PwC (2018) Building block(chain)s for a better planet, at <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/blockchain-for-a-better-planet.pdf>

28 World Future Energy Summit (2019) The Power of Data: How Artificial Intelligence is Transforming Water [tureenergysummit.com/wfes-insights/ai-cleantech-applications-part-3-ai-in-water/#/](https://www.wfutureenergysummit.com/wfes-insights/ai-cleantech-applications-part-3-ai-in-water/#/)

29 Banco Mundial (2015) Latin America: A Thirsty Region With Abundant Water Sources, en <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2015/03/20/america-latina-tener-abundantes-fuentes-de-agua-no-es-suficiente-para-calmar-su-sed>

30 James, A. (2011) The U.S. Wastes 7 Billion Gallons of Drinking Water a Day: Can Innovation Help Solve the Problem? <https://thinkprogress.org/the-u-s-wastes-7-billion-gallons-of-drinking-water-a-day-can-innovation-help-solve-the-problem-f7877d6e3574/>

31 <https://www.worldfutureenergysummit.com/wfes-insights/ai-cleantech-applications-part-3-ai-in-water/#/>

Dado el potencial del *big data*, varios organismos gubernamentales ya lo están utilizando para tomar mejores decisiones en el sector de agua y saneamiento. Las grandes empresas tecnológicas, tales como Microsoft, Google y Amazon, están invirtiendo en programas para aplicar tecnologías para hacer frente a los desafíos ambientales. Microsoft, por ejemplo, se comprometió a invertir US\$ 50 millones entre 2017 y 2022 en su programa IA para la Tierra, que ofrece donaciones para proyectos que utilizan la nube de Microsoft y herramientas de IA para cuestiones relacionadas con el clima, la agricultura, la biodiversidad y el agua.³²

Actualmente, la mayoría de las soluciones de IA en el sector de agua y saneamiento se focalizan en la inteligencia automatizada y asistida para hacer frente a estos desafíos con aportes de grandes conjuntos de datos en tiempo real no estructurados, dado que la capacidad de procesar grandes y complejos grupos de datos a alta velocidad ofrece la oportunidad de incrementar sustancialmente tanto la agilidad como la complejidad del procesamiento de información. En este sentido, la IA tiene el potencial tanto de aumentar la cantidad de decisiones que se pueden tomar basadas en datos relevantes, como de mejorar dichas decisiones mediante la facilitación de nuevos y más complejos análisis de datos y de reducir el potencial de error humano. Esto puede aportar significativos beneficios para cualquier organización que utiliza el procesamiento y análisis de información. Mediante el uso de las capacidades de reconocimiento de imágenes de Visual Insights de IBM para escanear tomas de video en vivo de miles de cámaras, el sistema de IA puede ser entrenado para reconocer condiciones y actividades problemáticas como la pesca, la minería ilegal o la natación en zonas no permitidas, y alertar a las autoridades de ser necesario.³³

La IA también puede servir para analizar información y compararla con grandes bases de datos. Este principio es utilizado por el nuevo emprendimiento brasileño Status4³⁴ en el desarrollo de una tecnología denominada Fluid³⁵, que puede detectar pérdidas en grandes sistemas de distribución de agua. Esta tecnología usa sensores para registrar las vibraciones que produce el agua al fluir por las cañerías, y luego compara esos sonidos con una base de datos de diferentes resonancias. Mediante el aprendizaje, la IA puede distinguir a los ruidos esperables de los que producen las pérdidas o incluso las conexiones ilegales, y luego alertar a los funcionarios sobre posibles problemas.³⁶

Asimismo, la IA ha sido integrada al tratamiento de aguas residuales por la empresa canadiense EMAGIN, que ha desarrollado un sistema llamado Hybrid Adaptive Real-Time Virtual Intelligence (HARVI). Este producto puede integrarse a los sistemas existentes para optimizar la gestión de las redes hídricas y de las plantas de tratamiento de aguas residuales, aportando acciones óptimas de control basadas en el aprendizaje de desempeños previos, en datos tomados en tiempo real, y en condiciones previstas. También puede optimizar la digestión anaeróbica y la aireación mediante el ajuste de los costos de energía basado en el perfil de carga; facilitar el control de nutrientes mediante la optimización de los puntos de dosificación química basada en los afluentes (por ejemplo, cloruro férrico) para intensificar el control del fósforo; proveer detección en tiempo real de la acumulación de sarro y otras impurezas y también un cálculo de la asiduidad con la que la membrana necesita servicio; optimizar los sistemas de tratamiento hídrico convencionales y basados en membranas,

32 Microsoft (2019) AI for Earth, en <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth?activetab=pivot1:primaryr6>

33 Dawei, F. (2018) AI and IoT Technology Help Boost Water Quality in China, en <https://www.ibm.com/blogs/client-voices/ai-and-iot-help-boost-water-quality-in-china/>

34 https://status4.com/en_US/

35 https://status4.com/en_US/fluid/

36 Sebrae News Agency (2018) Empresa usa inteligencia artificial para achar vazamento de agua, en <https://revistapegn.globo.com/Startups/noticia/2018/03/empresa-usa-inteligencia-artificial-para-achar-vazamento-de-agua.html>; https://status4.com/en_US/sobre/

ampliando la floculación y la coagulación con un avanzado sistema multicapas predictivo para el control de la dosificación química; y maximizar la recuperación de la membrana sobre la base de predicciones de la calidad del suministro hídrico. También se puede utilizar la IA para optimizar la gestión de las redes de transmisión y distribución de agua mediante un monitoreo en tiempo real del líquido y un sofisticado sistema de detección de situaciones que utiliza datos de presión temporaria de alta resolución junto con la optimización en tiempo real de puntos de calibración de válvulas de reducción de presión (VRP) a lo largo de la red.³⁷

Tabla 3. Start-ups que usan IA y aprendizaje automático en WASH

eWaterPay	Conexiones de agua inteligentes económicas, confiables, de fácil despliegue para poblaciones en mercados emergentes que permiten aumentar la confiabilidad del servicio en más del 100 % y la obtención de ingresos en un 175 %. ³⁸
Fracta	Evaluación de las condiciones para el aprendizaje automático para las redes de agua potable, que permite optimizar el mantenimiento de las instalaciones y los gastos en servicio de la deuda. ³⁹
Intelliflux	Limpieza adaptable guiada por IA de membranas y procesos de filtración que torna a las plantas de tratamiento más eficientes, confiables y económicas. ⁴⁰
WatchTower Robotics	Diseño, manufactura y operación de robots de pequeña escala para identificar y detectar pérdidas en las cañerías en forma temprana y precisa. ⁴¹
Water Pigeon	Una alternativa rápida, simple y segura que permite la lectura de los medidores sin necesidad de reemplazar todo el sistema preinstalado. ⁴²
WaterQuest	Una empresa social con conciencia ecológica que utiliza la IA para localizar ríos subterráneos perennes a profundidades de entre 300 y 800 metros con una precisión en lo que hace a calidad, temperatura y velocidad de flujo del 92 %. ⁴³

Fuente: elaboración propia

2.2. Oportunidades y desafíos

La IA ofrece grandes oportunidades para muchos países, ya que abre las puertas a innovaciones más comúnmente relacionadas con la ciencia ficción. Si se la aplica correctamente, esta tecnología tiene el potencial de producir infinidad de cambios positivos en ALC. Sin embargo, la adopción de la IA demandará una respuesta sistemática de los dirigentes empresarios y los responsables de las decisiones políticas para asegurarse que esta tecnología se destine a mejorar el trabajo y calidad de vida de la gente y evitar que se utilice para reforzar las desigualdades sociales, empresarias y políticas, dados el sesgo y cajas negras de la IA. Los gobiernos no solo deberían impulsar la adopción de estas innovaciones pioneras, sino también poner las consideraciones sobre sostenibilidad en el centro de un uso más amplio de la IA.⁴⁴

37 <https://www.emagin.ai/industries>

38 <http://www.ewaterpay.com/>

39 <http://fracta.ai/>

40 <http://intellifluxcontrols.com/>

41 <http://watchtowerrobotics.com/>

42 <https://www.waterpigeon.com/>

43 <https://waterdatachallenge.globalinnovationexchange.org/innovations/artificial-intelligence-based-prospecting-solution-locating-self-recharging-underground>

44 Foro Económico Mundial (2018) Harnessing Artificial Intelligence for the Earth, en http://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf

Oportunidades

Toma de decisiones sobre el agua basadas en los datos.

Una de las más valiosas aplicaciones de la IA en el sector de agua y saneamiento de ALC es proveer datos que pueden ayudar en la toma de decisiones. Por ejemplo, los datos geoespaciales y de usuarios pueden servir para decidir dónde deben emplazarse instalaciones de agua potable y saneamiento para cubrir las necesidades de las comunidades más vulnerables; los datos también pueden utilizarse para comprender las brechas entre oferta y demanda de agua y ayudar a suministrar ese recurso donde más se lo necesita (a nivel regional, de comunidad o dentro de las instalaciones de una empresa); asimismo, pueden usarse para dar asesoramiento sobre una mejor gobernanza del agua y gestión del recurso a nivel de cuenca hídrica.

Aumentando la resiliencia al cambio climático.

Tecnologías tales como las imágenes satelitales, IdC, Big Data e IA también pueden servir para lograr una mejor planificación y proyección de escenarios para mejorar la resiliencia en todos los niveles de la sociedad (regional, nacional y subnacional). En un contexto urbano, por ejemplo, las tecnologías que usan sensores remotos para la predicción alimentaria (como el caso de Cloud to Street) y herramientas de diseño para el modelaje hidráulico (como Autodesk Storm y Sanitary Analysis) son algunos de la serie de servicios que están surgiendo para contribuir en la toma de decisiones sobre inversiones en infraestructura sobre planeamiento urbano y prevención de emergencias.

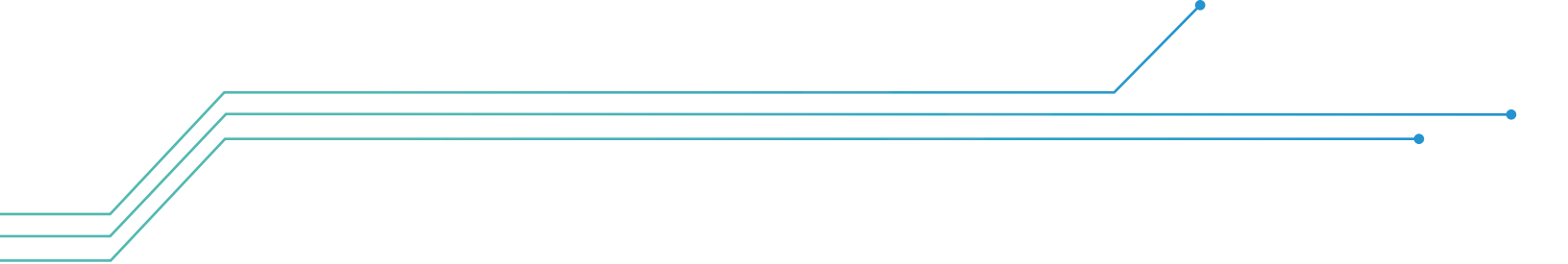
Desafíos

Privacidad de los datos, titularidad de los datos, acceso a los datos, calidad de los datos.

El creciente uso de los teléfonos inteligentes, dispositivos conectados y sensores, ha creado una vasta huella digital en las vidas de los usuarios. Entre los aparatos que generan una gran carga de datos están los satélites, los sensores ambientales, las cámaras de seguridad y los teléfonos móviles.

Las vidas de los consumidores pueden beneficiarse sustancialmente cuando las decisiones son informadas por datos relevantes que descubren patrones ocultos, relaciones inesperadas, tendencias de mercados o referencias. No obstante, los consumidores también pueden afrontar costos y riesgos por participar en los mercados de datos e incluso puede darse el caso de que no tengan siquiera noción de que están participando. Los sectores más pobres enfrentan barreras de acceso a la economía basada en los datos, y pueden ser considerados como marginales digitales.

Una pregunta crucial que hay que hacerse es quién es el dueño de todos esos datos: ¿el gobierno, el usuario o el proveedor del servicio que los almacena? Si el proveedor del servicio es el dueño de la información, ¿qué obligación tiene de almacenarla y protegerla? ¿Hasta qué punto se pueden compartir los datos con terceros? ¿Puede por ejemplo un proveedor de servicios cobrar un precio más alto a los propietarios de automóviles que se nieguen a que sus datos privados sean compartidos, y menos a los que accedan a compartirlos?



Dado que no existe un acuerdo global sobre protección de datos, los distintos reguladores toman posiciones diferentes frente a estas cuestiones. Cerca del 30 % de las naciones carecen de leyes sobre protección de datos. Y entre las que sí las poseen, a menudo esas leyes son contradictorias entre sí. La Regulación General de Protección de Datos (GDPR, por sus siglas en inglés) de la UE, por ejemplo, contempla el principio de privacidad e incluye controles estrictos sobre la transmisión transfronteriza de datos, al tiempo que otorga a los ciudadanos el “derecho al olvido”.⁴⁵

Ciberseguridad y seguridad de la información.

El Informe Global de Riesgos 2019⁴⁶ del Foro Económico Mundial ubica a los ciberataques entre los cinco mayores riesgos. A nivel global, el ciberdelito causa a las empresas pérdidas que se miden en miles de millones de dólares; el costo promedio del ciberdelito para las organizaciones se incrementó de US\$ 11,7 millones en 2017 a US\$ 13 millones en 2019.⁴⁷ En la medida en que los sistemas de agua y saneamiento continúan registrando mejoras en su eficiencia debido a un mayor uso de las tecnologías digitales conforme pasa el tiempo, una importante área que requiere atención es la información y la ciberseguridad de estos sistemas digitales. El creciente nivel de automatización y de conectividad reduce el alcance de las operaciones manuales en los sistemas de suministro de agua. Como consecuencia de ello, un *hackeo* del sistema digital puede poner en peligro el funcionamiento de la red y también la información y la privacidad de los datos de los consumidores del servicio. Será necesario desarrollar nuevos marcos de seguridad para cubrir todo el ciber espectro, desde la autenticación a nivel de dispositivo y seguridad de la aplicación, hasta seguridades, resiliencia y modelos de respuesta a incidencias a lo largo y ancho del sistema.

El sesgo de los algoritmos y las cajas negras introducen desigualdades. En todas sus formas, la IA plantea algunos de los desafíos más difíciles a la reglamentación tradicional. Incluso los sistemas de IA más desarrollados de la actualidad poseen cruciales limitaciones. Solo son útiles para realizar tareas muy claramente delimitadas y no tienen idea alguna sobre ningún otro elemento de su entorno. Pueden hallar una correlación de datos sin tener noción de qué significado tiene esa correlación, de modo tal que sus predicciones pueden ser peligrosamente poco confiables. Los algoritmos pueden tomar cantidades de decisiones estratégicas, desde la aprobación de préstamos a determinar el riesgo de un ataque cardíaco. Por lo general, estos algoritmos quedan bajo estricto resguardo de las organizaciones que los crearon, o son tan complejos que ni siquiera sus creadores pueden explicar cómo funcionan. Esta es la “caja negra” de la IA: la incapacidad de ver qué hay dentro de un algoritmo. Algunos expertos han sugerido que los algoritmos deberían ser sometidos al escrutinio público.

45 UNCTAD (2016) Data Protection Regulations and International Data Flows: Implications for trade and development, en https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dt1stict2016d1_en.pdf

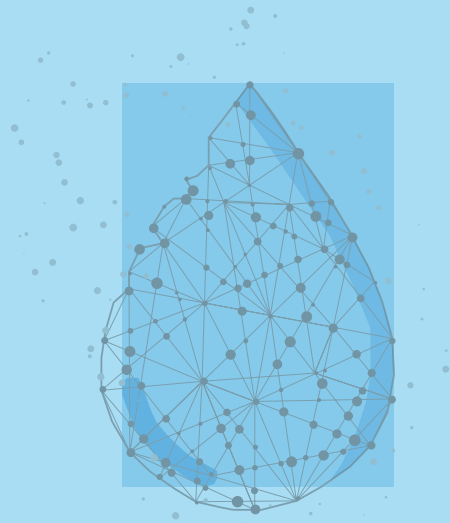
46 Foro Económico Mundial (2019) Informe Global de Riesgos 2019, en <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019>

47 Taddeo, M., Bosco, F., ITU News (2019) To Build Trust, We Coult Treat Cybersecurity as a Public Good: Opinion, en <https://news.itu.int/15753-2/>

En un mundo perfecto, el uso de algoritmos debería llevar a la toma de decisiones imparciales y justas. Pero se ha detectado que algunos de ellos poseen parcialidades intrínsecas. Mientras que las leyes de algunos países prohíben explícitamente la discriminación en esta y otras áreas, también es cierto que existen zonas grises.

Los sistemas de IA pueden reforzar lo que han aprendido de los datos del mundo real, incluso amplificando los riesgos familiares, como por ejemplo arbitrariedades de raza o género. Hasta un algoritmo cuidadosamente diseñado puede tomar decisiones basadas en información extraída de una realidad distorsionada o impredecible. Los sistemas también pueden cometer errores de juicio cuando se enfrentan con escenarios que no les son familiares, una situación conocida como “estupidez artificial”. Dado que muchos de esos sistemas son “cajas negras”, las razones por las que toman sus decisiones no son fáciles de revisar o comprender por los humanos, y por tanto se vuelven difíciles de cuestionar o de probar. El hecho de que los desarrolladores comerciales privados por lo general se rehúsan a revelar su código para el escrutinio debido a que el programa es considerado propiedad intelectual protegida por el derecho de propiedad, es otra forma más de falta de transparencia.

Internet de las Cosas (IdC) y Big Data



3. Internet de las Cosas (IdC) y Big Data

La Internet de las Cosas (IdC) se refiere a una red de rápido crecimiento de dispositivos y objetos conectados a linternet. Estos dispositivos y objetos están integrados en nuestros equipos de uso diario en el hogar y el lugar de trabajo (electrodomésticos, máquinas, autos, etc.) y en conjunto pueden realizar tareas específicas en una variedad de distintos escenarios. Por ejemplo, una plataforma de IdC diseñada para un hogar privado o para el espacio de la oficina puede ser extendida a mayor escala en fábricas, sistemas urbanos, o infraestructura vial, y podría potencialmente incluir, en el futuro, hasta al propio cuerpo humano. Estos dispositivos están conectados a poderosas computadoras en la “nube” que dan apoyo tanto a las comunicaciones de personas hacia los objetos como de los objetos hacia las personas. En el primer caso, la información sensorial es comunicada a un individuo para informar su proceso de toma de decisiones o para impulsarlo a realizar alguna acción. En el segundo caso, las interacciones tales como el monitoreo o acciones correctivas se producen en una forma más automática, sin la participación humana, aunque los humanos pueden recibir notificaciones. Por esta razón, la IdC no puede considerarse en sentido estricto una tecnología separada en el sentido convencional, sino más bien una plataforma o red tecnológica que combina múltiples tecnologías, tales como la automatización, las redes sensoriales inalámbricas, las placas de identificación por radiofrecuencia, microcontroladores, actuadores, GPS, tecnología satelital, y protocolos de Internet, entre otros.⁴⁸

⁴⁸ Dlodlo, N., Mofolo, M., Kagarura, G. M. (2012) Potential applications of the Internet of Things in sustainable rural development in South Africa, en https://www.researchgate.net/publication/258446246_Potential_applications_of_the_Internet_of_Things_in_sustainable_rural_development_in_South_Africa



Figura 5. Cadena de Proceso de IdC

Fuente : Kotze, P., Coetzee, L. (20189, Opportunities for the Internet of Things in the Water, Sanitation and Hygiene Domain, at https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-15651-0_16

Como resultado de la adopción en gran escala de la IdC, se generarán grandes cantidades de datos que, debido a su magnitud, variedad y velocidad de creación, se tornarían inviables de analizar con las herramientas tradicionales para el manejo de bases de datos. Con el advenimiento del Big Data, el *data mining* y las técnicas de manejo de información tradicionales se han vuelto obsoletos y han sido reemplazados por un paralelismo masivo mediante aparatos ya existentes que permiten arrojar luz sobre los detalles y significado de los datos subyacentes.⁴⁹ Una forma muy común de caracterizar al Big Data es mediante las así llamadas 3V: volumen, variedad y velocidad. Basándonos en las 3V, solo podemos hablar de Big Data cuando estamos frente a volúmenes extremos de datos (del orden de magnitud de los petabytes⁵⁰ y exabytes⁵¹) en una gran variedad de tipos y formas, todos los cuales están siendo generados a gran velocidad.⁵² El concepto de Big Data se aplica asimismo a las soluciones analíticas relacionadas con la captura, custodia, manejo, procesamiento y análisis de estas gigantescas series de datos. En la actualidad, los consumidores, sin siquiera notarlo, producen la mayor parte de los datos que se generan, y ALC no es una excepción. Cuando los individuos se comunican, realizan pagos, toman fotos o simplemente se desplazan de un punto a otro, están permanentemente generando datos que en principio pueden ser recolectados y procesados en algún sitio con fines ya sea comerciales o no. Para poder comprender cabalmente la relación entre IdC y Big Data, puede ayudar pensar en la IdC como una herramienta que contribuye a la generación de Big Data. Este último, sin embargo, es un concepto más amplio que abarca más que simplemente la IdC.

49 <https://www.techopedia.com/definition/27745/big-data>

50 1m gigabytes (GB)

51 1b gigabytes (GB)

52 Maarooof, A. (2015). Big data and the 2030 agenda for sustainable development, en https://www.unescap.org/sites/default/files/1_Big%20Data%202030%20Agenda_stock-taking%20report_25.01.16.pdf; UN Global Pulse (May 2012) Big Data for Development: Challenges and Opportunities, en <http://www.unglobalpulse.org/sites/default/files/BigDataforDevelopment-UNGlobalPulseJune2012.pdf>

Por lo general se considera a la implementación de IdC y Big Data como capaz de tener un profundo impacto en una multitud de escenarios, como también de abrir áreas totalmente nuevas de oportunidad y aplicación. Con respecto a la gestión del agua, la IdC puede maximizar el uso eficiente del recurso mediante soluciones nuevas para su manejo. Los proyectos hídricos tienden a ser complejos, dado que muchas ciudades cuentan aún con infraestructura antigua. Por tanto, la utilización de la IdC puede ofrecer a los municipios oportunidades de reducir sus costos operativos en lo que hace a construcción y mantenimiento.⁵³ Dado que las empresas de agua generan grandes cantidades de información, se puede utilizar Big Data para reunirla y analizarla y de esa manera aportar soluciones para mejorar la gestión y la toma de decisiones. Al utilizar análisis de datos inteligentes basados en el uso previo de datos combinado con modelos predictivos de flujo, a lo que se suma información en tiempo real de los niveles de agua, informes meteorológicos, y flujo y presión del agua, se pueden detectar eventos significativos y enviar alertas para llamar la atención sobre potenciales problemas.⁵⁴

La confiabilidad de los datos es una consideración fundamental al desplegar soluciones de IA en el sector WASH. Las tecnologías digitales permiten a los usuarios tomar decisiones informadas y optimizadas. Los datos que se utilizan pueden provenir de una serie de distintas fuentes, tales como indicadores claves de parámetros (KPI, por sus siglas en inglés), una recolección de KPI, imágenes, texto y sensores.⁵⁵ La información confiable generada por sensores es crítica, ya que los datos falsos pueden llevar a conclusiones erróneas y estas tener consecuencias negativas. A pesar de la existencia de algunos sensores novedosos, incluyendo dispositivos de limpieza automáticos (como por ejemplo el uso de aire a presión o cepillos o escobillas mecánicas), hace falta aún un mayor grado de desarrollo para aumentar la confiabilidad y reducir el mantenimiento. Han aparecido ya algunas soluciones que se especializan en proveer datos chequeados y reconciliados para el monitoreo, control inteligente y la simulación online, tales como inCTRL. Otros, como Utilies, usan imágenes satelitales para conseguir una detección eficiente. En forma similar, Kando y Smart Cover Systems están colocando sensores remotos inteligentes en las bocas de acceso de alcantarillas para lograr una detección temprana y prever las condiciones de los alcantarillados.

3.1. Estudios de casos

Suele considerarse que la implementación de la IdC y el advenimiento del Big Data están ‘redefiniendo’ una amplia gama de sectores e industrias. El uso de Big Data y de analítica para mejorar los resultados ya ha tenido un fuerte impacto, al tornar posibles algunos de los modelos exitosos de la economía de Internet, valiéndose de herramientas tan variadas como motores de recomendación, análisis de sentimientos, detección de fraude, análisis de campañas de marketing y de consumo, y otras. La IdC y el Big Data también pueden ayudar a las comunidades a aumentar su resiliencia ante dificultades ambientales, políticas, sociales o económicas mediante el aporte de información y conocimiento que pueden resultar de utilidad.

⁵³ Bellias, M. (2017) IoT for Water Utilities, en <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/iot-for-water-utilities/>

⁵⁴ Frankson, L. (2015) Big Data Analytics for Better Management of Water Networks, en <https://infrastructurenews.co.za/2015/09/07/big-data-analytics-for-better-management-of-water-networks/>

⁵⁵ Karmous-Edwards, G., Sarni, W. (2018) How Digital Technology Can Be the Fundamental Agent of Change in the Modernization of Global Water Infrastructure, en <https://waterfm.com/water-utility-digital-world/>

Las tecnologías basadas en la IdC han sido utilizadas para ayudar en el monitoreo ambiental y en la gestión de empresas de servicios. Específicamente, han permitido el monitoreo remoto de incendios forestales y han contribuido a detectar potenciales terremotos, inundaciones y contaminación.⁵⁶

Monitoreo ambiental

Una aplicación práctica de la IdC en el monitoreo ambiental puede apreciarse en Brasil. Alerta Rio es un sistema de detección de deslaves producidos por lluvias torrenciales; el sistema aporta datos integrados en tiempo real de 30 organismos, permitiendo una excelente coordinación y respuestas oportunas.⁵⁷ Este sistema de alerta es coordinado por el Centro de Operaciones de Río, que es el primer centro de ciudades inteligentes del mundo, y cuya efectiva red de monitoreo de lluvias y radares meteorológicos permite la prevención de desastres naturales.⁵⁸ El uso de medidores inteligentes para reducir las pérdidas de electricidad en las redes de distribución y los sensores para detectar pérdidas de agua podría representar un valor anual a nivel global de hasta US\$ 69.000 millones.⁵⁹ GSMA Intelligence prevé que habrá más de 1.300 millones de conexiones a la IdC en América Latina para 2025.⁶⁰

Medidores inteligentes

Las aplicaciones de IdC permiten el monitoreo en tiempo real del uso de agua en las casas de familia, lo que no solo mejora la comunicación de datos con los proveedores del servicio, que a su vez se traduce en facturas más exactas, sino que también permite generar un mayor grado de conciencia sobre los patrones de uso.⁶¹ Mientras que un medidor inteligente por sí solo no califica como un sistema de IdC, sin duda puede ser considerado como un paso en esa dirección. Asimismo, el uso de la energía en el hogar puede optimizarse mediante la automatización y promoción de prácticas sostenibles tales como el uso de aplicaciones durante horas no pico.⁶² Uno de los promotores de las prácticas sostenibles es Opower, una empresa estadounidense que combina una plataforma basada en la nube con Big Data y ciencia del comportamiento para ayudar a las compañías de servicios en todo el mundo a reducir el consumo eléctrico y mejorar la relación proveedor-consumidor.⁶³ La empresa está transformando la forma en que el mundo percibe la conservación de energía en el hogar al ofrecer medios de participación accesibles que incluyen la eficiencia energética, la respuesta al comportamiento de la demanda y termostatos inteligentes.⁶⁴

56 Dlodlo, N., et al. (2012). Potential applications of the Internet of Things in sustainable rural development in South Africa, en https://www.researchgate.net/publication/258446246_Potential_applications_of_the_Internet_of_Things_in_sustainable_rural_development_in_South_Africa

57 Mastrangelo, P. (2018) Water and Sanitation: Innovations You Didn't Know Were from Latin America and the Caribbean, en <https://publications.iadb.org/en/water-and-sanitation-innovations-you-didnt-know-where-latin-america-and-caribbean>

58 Ibid

59 McKinsey Global Institute (2015) The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype, en https://www.mckinsey.com/-/media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx

60 Moura, P., Nicoletti, S. (2018) Making Smart Cities and IoT a Reality in Latin America: A Quick Guide For Decision-Makers, en <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2018/11/IoTGuide-ENG.pdf>

61 Ibid

62 Miazzi, M. N. S., et al (2016) Enabling the Internet of Things in developing countries: Opportunities and challenges, en https://www.researchgate.net/publication/311757185_Enabling_the_Internet_of_Things_in_developing_countries_Opportunities_and_challenges

63 <https://energypost.eu/opower/>

64 Ibid

En el manejo de los recursos hídricos, las operaciones de las cuencas fluviales pueden optimizarse y la contaminación del agua subterránea puede ser medida, al igual que los niveles de aguas residuales y de alcantarillado. Asimismo, se puede optimizar la gestión del agua en las cañerías utilizando sensores GPS, que permiten el monitoreo de los parámetros hidráulicos y químicos, como también localizar pérdidas.⁶⁵ Por tanto, una mejor gestión del agua puede ayudar a hacer frente a otras cuestiones relacionadas con la escasez del recurso. Por ejemplo, la empresa brasileña GHydro ofrece servicios de gestión del agua, monitoreo de pozos artesianos⁶⁶ y telemetría de líquidos.⁶⁷ La compañía opera en el terreno del hardware mediante la provisión de sensores compactos que se comunican mediante tecnología GPRS y miden presión, volumen, conductividad y temperatura del agua, entre otras variables. En el campo del software, los clientes pueden acceder a información y recibir notificaciones mediante la aplicación “Hydroview”, propiedad de GHydro.⁶⁸ Otro ejemplo es el de la Fundación CTAguá de Uruguay, el primer centro tecnológico de su tipo en América Latina.⁶⁹ CTAguá integra IdC y Big Data para hacer frente a los acuciantes problemas de agua y saneamiento del país. Otras aplicaciones de IdC en el monitoreo ambiental permitirían hacer predicciones sobre las consecuencias del cambio climático, tales como ciclones, inundaciones y sequías.⁷⁰

Dado que la gestión y planificación de los recursos hídricos figuran entre los principales desafíos que afrontan muchos países, el Banco Interamericano de Desarrollo ha creado HydroBID, una herramienta de simulación para apoyar las tareas de planificación y gestión del agua en ALC. HydroBID es un sistema cuantitativo integrado que simula la hidrología y la gestión de los recursos hídricos en diferentes escenarios (tales como clima, uso de la tierra y población) para evaluar la cantidad de agua, las necesidades de infraestructura y el diseño de estrategias y de proyectos de adaptación en respuesta a dichos escenarios.⁷¹ A esa tarea la realiza mediante el Analytical Hydrography Dataset (AHD), un conjunto de datos sobre 230.000 captaciones de agua en la región y su correspondiente topografía y segmentos de ríos y arroyos.⁷² Este sistema cubre toda la región de ALC, organizando y agregando datos que no suelen ser fáciles de obtener, y que utiliza para planificar y diseñar infraestructura para los recursos hídricos y también para estimular la hidrología de cuencas movilizadas por el clima en forma modular, flexible y escalable.⁷³ Esto permite a esta arquitectura de modelo interactuar con cualquier otro tipo de modelo climático o fuente de datos.

Agua más inteligente

La gestión del suministro de agua se está convirtiendo en una tarea crítica para las ciudades y sus empresas proveedoras de agua en todo el mundo, particularmente en la medida en que intentan generar negocios sustentables mientras tienen que lidiar con los efectos del cambio

65 Dlodlo, N., et al. (2012). Potential applications of the Internet of Things in sustainable rural development in South Africa, en https://www.researchgate.net/publication/258446246_Potential_applications_of_the_Internet_of_Things_in_sustainable_rural_development_in_South_Africa

66 Un pozo del que el agua surge por presión natural sin necesidad de bombeo. Se hace la perforación en aquellos puntos en los que una capa rocosa permeable (como por ej. de piedra arenisca) que posee una leve inclinación recibe agua en su afloramiento a nivel más alto que el nivel de la superficie del piso en el sitio del pozo. Fuente: Encyclopaedia Britannica, en <https://www.britannica.com/topic/artesian-well>

67 Un sistema inalámbrico para controlar datos de un depósito de líquidos en áreas remotas en las que no hay personal y en las que es demasiado arduo o costoso conectar líneas para el transporte de datos.

68 <https://www.ghidro.com.br/>

69 Mastrangelo, P. (2018) Water and Sanitation: Innovations You Didn't Know Were from Latin America and the Caribbean, en <https://publications.iadb.org/en/water-and-sanitation-innovations-you-didnt-know-where-latin-america-and-caribbean>

70 Onyalo, N., et al. (2015) The Internet of Things, Progress Report for Africa: A Survey, en <http://ijcsse.org/published/volume4/issue9/p2-V419.pdf>

71 <https://www.iadb.org/en/water-and-sanitation/about-hydro-bid>

72 Ibid

73 Ibid

climático, que aumentan la propensión a las sequías en muchas partes del mundo. Al mismo tiempo, la IdC se está adaptando en forma más amplia para enfocarse en las necesidades específicas de monitorear redes hídricas.⁷⁴

Global Market Insights espera que el mercado de medición inteligente de agua sobrepase los US\$ 24.000 millones en 2024 y que alcance un nivel de instalación anual de más de 35 millones de unidades ese mismo año.⁷⁵

Beneficios del Agua Inteligente

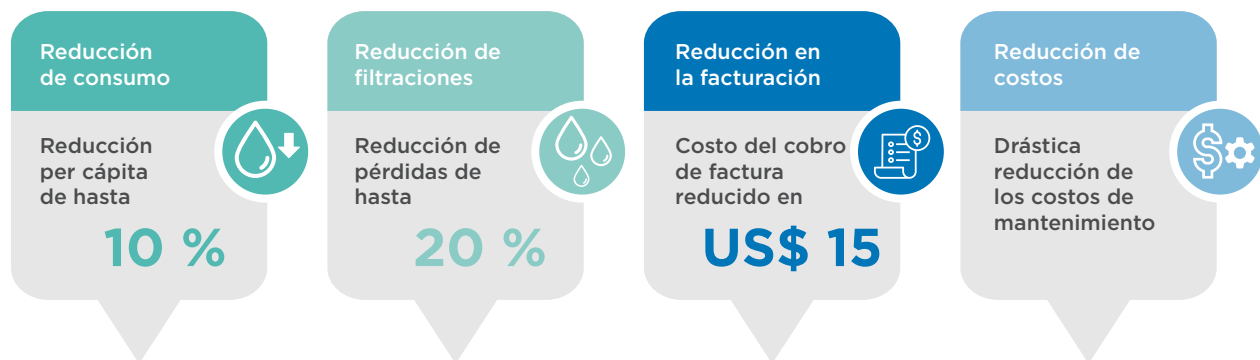


Figura 6. Beneficios del Agua Inteligente

Fuentes: UWE, Ofwat, Fairness On Tap, Water UK

En todo el mundo, las empresas de agua se ven agobiadas por el agua no facturada (ANF), que es el resultado de pérdidas por filtraciones y rotura de caños, además de la existencia de medidores manuales que pueden generar errores. Las pérdidas promedio a nivel global por ANF se calculan entre el 30 % y el 35 %, aunque en algunas redes llega hasta el 50 % e incluso el 60 %.⁷⁶ La introducción de medidores inteligentes tiene la capacidad de resolver muchos de esos problemas en diferentes niveles, en la medida en que contribuyen con la frecuencia de la recolección de datos. Esto permite un mejor relacionamiento con los clientes, una facturación más precisa y una mayor visibilidad del desempeño de la red, todo lo cual se traduce en mayores ingresos. Este tipo de infraestructura permite que las empresas proveedoras de agua realicen lecturas regulares de los medidores de los clientes durante el día, ofrezcan a esos clientes información en tiempo real sobre el consumo de agua, y también detecten rápidamente pérdidas en el sistema.⁷⁷ Adicionalmente, los medidores inteligentes son particularmente útiles para las empresas proveedoras, ya que estas pueden mejorar su eficiencia al prácticamente eliminar la necesidad de realizar lecturas de los medidores *in situ*, lo que reduce los costos de personal, combustible y mantenimiento de los vehículos.⁷⁸

⁷⁶ Smart Water Magazine (2019) Winning the Non-Revenue Water Challenge, en <https://smartwatermagazine.com/news/kampstrup/winning-non-revenue-water-challenge>

⁷⁷ Brears, R. (2019) Smart Water, Smart Metering, at <https://smartwatermagazine.com/blogs/robert-brears/smart-water-smart-metering>

⁷⁸ Sigfox (2018) Utility Companies Save Time and Lower Costs With Smart Water Meters, en <https://www.sigfox.com/en/news/utility-companies-save-time-and-lower-costs-smart-water-meters>

Otra manera en que estos servicios inteligentes pueden reducir los costos de las empresas de servicios es mediante la desconexión o restricción remotas del flujo de medidores. La desconexión remota de medidores reduce los costos de enviar personal a las viviendas de los consumidores que hayan solicitado o deban ser desconectados. Asimismo, estos medidores inteligentes pueden asegurar que las facturas se basen en mediciones precisas y no en estimaciones. Esto a su vez puede aumentar la satisfacción del cliente y producir operaciones de gestión más eficientes.⁷⁹

SUEZ, una firma privada que provee servicios a más de 7,5 millones de personas en Estados Unidos y Canadá, es un ejemplo de empresa de servicios que ha hallado muy benéficos a los medidores inteligentes.⁸⁰ SUEZ ha completado un estudio de caso en Bayonne, Nueva Jersey. Luego de instalar más de 10.500 nuevos medidores inteligentes (lo que cubría el 90 % de sus clientes tanto residenciales como comerciales de la ciudad), SUEZ halló más de 1.000 filtraciones en las propiedades de sus clientes solo en los primeros meses. Esos clientes no tenían conocimiento de las filtraciones de agua, y dos años después de instalar los nuevos medidores, el consumo de agua en toda la red se redujo un 7 %.⁸¹

El sistema de parques del condado de Miami-Dade ha tenido una experiencia similar.⁸² Se trata del tercer sistema de parques por extensión en Estados Unidos: incluye 263 parques que cubren una superficie de 12.845 acres donde se hallan el zoológico de Miami, playas, marinas, piscinas, campos de golf, centros de estudio de la naturaleza y zonas preservadas. Al igual que otras áreas, el sistema sufría las consecuencias de una infraestructura vetusta que tenía que ser inspeccionada manualmente para detectar filtraciones y otros problemas, lo que ponía fuerte presión sobre los recursos del departamento. Sin embargo, tras la instalación de nuevos medidores inteligentes conectados a la IdC, los empleados pudieron comenzar a monitorear en forma remota el consumo de agua, a detectar pérdidas y a manejar rápidamente toda una serie de problemas. El departamento estima que tras la implementación de los medidores inteligentes, ha habido una reducción del 20 % en el uso del agua, con ahorros anuales de US\$ 860.000.⁸³

Fundada en 1890, Global Ominum/Aguas de Valencia gestiona todos los aspectos relacionados con la recolección, tratamiento y distribución de agua en la ciudad española de Valencia y zonas aledañas (más de 300 ciudades). La firma provee agua a unos tres millones de personas en la región, y utiliza lecturas automáticas en más del 60 % de sus más de un millón de medidores de agua, en tanto que su objetivo es continuar mejorando el servicio para tornarlo aún más ágil y dar mayores beneficios a sus clientes. En la actualidad, la lectura de los medidores de agua se realiza una vez por hora en toda la región. La meta de Global Ominum/Aguas de Valencia es implementar un servicio de lectura de medidores más eficiente mediante la utilización de un sistema de comunicaciones más estandarizado que le permita a su Innovative Solution crecer en forma más escalable.⁸⁴

Vodafone y Global Ominum/Aguas de Valencia han venido trabajando en forma conjunta para desplegar y operar un modelo para el futuro basado en el uso de NB85-IdC para conectar a sus medidores de agua. Para lograr una mejor comprensión de NB-IdC, han realizado un

79 Harvell, E. (2018) The Internet of Things and the Water World, en <http://efc.web.unc.edu/2018/08/24/the-internet-of-things-and-the-water-world/>

80 <https://www.mysuezwater.com/community-environment/water-resource-management>

81 Harvell, E. (2018) The Internet of Things and the Water World, en <http://efc.web.unc.edu/2018/08/24/the-internet-of-things-and-the-water-world/>

82 https://www-03.ibm.com/press/us/en/attachment/40497.wss?fileId=ATTACH_FILE1&fileName=Miami-Dade%20County%20Final%20Fact%20Sheet.pdf

83 Harvell, E. (2018) The Internet of Things and the Water World, en <http://efc.web.unc.edu/2018/08/24/the-internet-of-things-and-the-water-world/>

84 GSMA (2017) Valencia - Internet of Things Case Study, en https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2017/10/iot_omnium_10_17.pdf

85 NB - narrowband

ensayo con unos 220 medidores de seis fabricantes diferentes para evaluar las propiedades, desempeño, y vida útil de las baterías tanto de los medidores de agua como de los conectores de los accesos locales impulsados por NB-IoT, con miras a utilizar una solución de comunicaciones estandarizada en toda la región, sin perder por ello su actual capacidad de realizar 24 lecturas por día en cada medidor de la red. Al usar NB-IoT, Global Ominum/Aguas de Valencia puede aprovechar la recolección de datos y las plataformas estandarizadas, mientras que toda la gestión de las operaciones de punta a punta de la red puede realizarse en forma centralizada, ya sea por parte de la empresa de servicios o por la propia Vodafone.⁸⁶

Estos ejemplos demuestran cómo la IoT puede ofrecer a las empresas de servicios información casi instantánea sobre el uso del agua y localización de filtraciones, y ayudarlas así a ahorrar dinero en el largo plazo. Pero esto no ocurre sin dificultades. Las restricciones presupuestarias son el principal desafío que las empresas deben afrontar para poder instalar medidores inteligentes. Estos aparatos son más costosos que sus equivalentes mecánicos y puede ser arduo para algunas empresas incluirlos en sus presupuestos. Un Informe sobre Medio Ambiente y Energía de Bloomberg⁸⁷ reveló que un sondeo de 700 empresas de servicios arrojó que dos tercios de ellas mencionaron el costo de capital inicial como una barrera para la implementación de los medidores inteligentes. Específicamente, un medidor inteligente puede costar siete veces más que uno común. Pero el alto gasto inicial tiene el potencial de generar beneficios a largo plazo y de alto nivel, en la medida en que la implementación de un sistema hídrico inteligente puede ayudar a las empresas a evitar hasta el 75 % de las pérdidas de agua.⁸⁸

Sensores móviles inalámbricos en tuberías soterradas

iXLEM Labs, en colaboración con la Universidad de Qatar, Qatar National Research Fund, Acquedotto del Monferrato, Smat y Karamaa, crearon una solución para monitorear y gestionar cuestiones relacionadas con los sistemas de distribución urbana de aguas (Figura 15). Su solución, denominada “Watermole”, es un sensor móvil inalámbrico que se puede colocar en las tuberías para su monitoreo. Cuando este sensor intercepta una estación terrena, identifica su posición y los espectros registrados son correlacionados con las posiciones de filtraciones (iXYLEM, 2011).⁸⁹

Soluciones de monitoreo remoto para la gestión de las aguas residuales urbanas

El antiguo sistema de alcantarillado de la Municipalidad de Holon, en el centro de Israel, se veía atestado de problemas, incluyendo frecuentes bloqueos y desbordes. Tras instalar varias unidades de medición sin contacto equipadas con sensores SmartScan 50 de Solid Applied Technologies (SolidAT), la municipalidad consiguió un mejor control y manejo de sus sistemas de desagüe. También se consiguieron mejoras adicionales gracias a la alta resistencia de los

⁸⁶ GSMA (2017) Valencia - Internet of Things Case Study, en https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2017/10/iot_omnium_10_17.pdf

⁸⁷ <https://www.bna.com/high-cost-smart-n73014451587/>

⁸⁸ <https://sensus.com/solutions/non-revenue-water-infographic/>

⁸⁹ http://www.ixem.polito.it/projects/qnrf_2009/index_e.htm

dispositivos al metano presente en ese ambiente, y a la capacidad de la municipalidad de recibir información confiable, monitorear el sistema de alcantarillado mediante el uso de una plataforma web, y enviar alertas vía mensajes breves (SMS) cuando el nivel alcanza límites ya sea altos o bajos. SolidAT ofrece una variedad de sensores de nivel y de soluciones de monitoreo remoto para el control del nivel de las redes de alcantarillado y del nivel del agua.⁹⁰

Por su parte, The Toilet Board Coalition está haciendo una labor pionera en el tema de la “digitalización del saneamiento” en sitios como Pune, India.⁹¹ Sus esfuerzos por integrar sensores y tecnología Wi-Fi en redes de letrinas pueden generar un cúmulo de valiosa información sobre la salud pública y hábitos de los consumidores, además de contribuir a la calidad de los sistemas de mantenimiento y a optimizar las rutas para la recolección y transporte de los desechos.⁹²

En tanto, Telefónica y Huawei se han asociado a la empresa de agua chilena Essbio, y con Kamstrup, una compañía danesa de medidores, para desarrollar un proyecto de medidores inteligentes. Essbio presta sus servicios a las regiones chilenas de Libertador Bernardo O’Higgins, Bío Bío y Maule. La finalidad del proyecto es incrementar la eficiencia de la red, reducir las pérdidas de agua potable, y mejorar la calidad del servicio para el usuario final. El grupo ha puesto a prueba varios sistemas distintos en un esfuerzo por mejorar la conectividad de los instrumentos para que los clientes puedan monitorear su uso diario de agua; para que las facturas puedan contener datos exactos y no estimativos; para poder detectar filtraciones y condiciones anormales; y para que el operador de la red de agua pueda conocer mejor las necesidades de los usuarios. Essbio utiliza los datos para mejorar el diseño de su red de agua inteligente. Para ello, ha instalado 6.000 medidores de agua ultrasónicos en diversas áreas rurales y urbanas de las tres regiones para determinar el grado de flujo con una precisión de dos litros por hora. Una red de IdC de banda estrecha desarrollada por Telefónica, Huawei y el Gobierno de Chile permite a las empresas de servicios y a las distintas regiones ofrecer comunicación bidireccional a los dispositivos de IdC, incluyendo medidores inteligentes y aplicaciones de agua inteligentes.⁹³ La colaboración entre varios actores debería resultar en mejoras tanto para el consumidor final como para el operador del servicio. Este proyecto es un claro ejemplo de las importantes oportunidades de negocios con las que puede beneficiarse el sector de las TIC cuando los ingresos del proyecto se amplían a nivel nacional.⁹⁴

Cloud to Street es un sistema global de mapeo de inundaciones de alta resolución diseñado para proteger a los sectores más vulnerables y promover la resiliencia en todo el mundo.⁹⁵ Mediante satélites que circunvalan la Tierra permanentemente, el panel de sensores remotos de la empresa produce un mapa de inundaciones y riesgos de inundación en todo el mundo. Los datos generados ayudan a proteger a más de 10 millones de personas, al poner al alcance de quienes puedan estar en riesgo toda la información sobre desastres de inundación necesaria.⁹⁶ Cloud to Street también provee información sobre seguros contra inundaciones para el 90 % de los clientes en los mercados emergentes que actualmente carecen de protección contra catástrofes.

90 <http://solidat.com/>

91 Anzilotti, E. (2017) The Quest To Use Big Data and Community Toilets to Create a Model for Building Urban Sanitation, en <https://www.fastcompany.com/40466766/the-quest-to-use-big-data-and-community-toilets-to-create-a-model-for-building-urban-sanitation>

92 <http://www.toiletboard.org/>

93 Smart Energy International (2017) Metering and Smart Energy International Edition 4, en <https://www.smart-energy.com/issues/metering-smart-energy-international-edition-4-2017/>

94 Jorisch, D., et al (2018) Technology for Climate Action in Latin America and the Caribbean: How ICT Mobile Solutions Contribute to a Sustainable, Low-Carbon Future, en <https://globalewaste.org/wp-content/uploads/2018/11/Technology-for-Climate-Action-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>

95 <https://www.cloudtostreet.info/about>

96 *Ibid*

Island Water Technologies es una firma de tratamiento de aguas residuales que combina ultramodernos sistemas con ingeniería, automatización, manufactura de precisión y tecnologías de tratamiento de aguas residuales de última generación.⁹⁷ Su equipo ha desarrollado SENTRY-AD, una tecnología de sensores en base a bioelectrodos diseñada para su fácil acoplamiento a instalaciones de tratamiento de aguas residuales, con el objetivo de aportar capacidades de monitoreo de las comunidades microbianas en tiempo real.⁹⁸ Este sensor aporta un monitoreo instantáneo en tiempo real y a bajo costo de la actividad microbiana y de otros parámetros del proceso de digestión anaeróbica.

Por su lado, Osmo Systems ayuda a los productores de peces y camarones a monitorear online la calidad del agua mediante OsmoBot, el primer monitor de acuicultura del mundo. OsmoBot es un sensor de calidad de agua patentado de bajo costo que permite un control permanente de las granjas de camarones, lo que resulta en rendimientos mayores y más previsibles.⁹⁹

En tanto, Upepo es el principal proveedor de software para redes de IdC y de objetos de IdC en África que trabaja en el sector hídrico. Sus soluciones de IdC de banda estrecha permiten mejorar la gestión del agua, reducir las filtraciones, y alentar la conservación a los organismos de manejo hídrico de Kenia.¹⁰⁰

3.2. Oportunidades y desafíos

La implementación de IdC en gran escala tendrá un profundo impacto en el sector hídrico, ya que maximizará el uso eficiente del recurso, mejorará la gestión del agua, y reducirá por tanto los costos operativos de las empresas del sector. Los beneficios de utilizar esta tecnología no se agotan allí, especialmente en el caso de ALC. La IdC puede garantizar la calidad del agua y aumentar la resiliencia al cambio climático, dos cuestiones que han venido dando dolores de cabeza en la región en los últimos años. Sin embargo, la implementación de esta tecnología plantea también desafíos para la región.

Oportunidades

Asegurar la calidad del agua. Se pueden colocar sensores en los cuerpos de agua para recolectar datos sobre flujo, calidad y cantidad de la misma. Esa información puede ser transmitida por instrumentos vinculados a la IdC. Los sensores que se conectan a la IdC permiten a los encargados de la toma de decisiones detectar, entre otras cosas, cómo y dónde las vías acuáticas se ven contaminadas por plantas de tratamiento de aguas o por la eutrofización causada por las escorrentías agrícolas y priorizar las estrategias de remediación adecuadas.

Desarrollando resistencia al cambio climático. Las sequías se han vuelto más frecuentes e intensas en el denominado “Corredor Seco” de América Latina y el Caribe, y golpean con mayor

⁹⁷ <https://www.islandwatertech.com/regen/>

⁹⁸ IWT (2017) Innovative Wastewater Sensor for Improved Monitoring of Anaerobic Digestion Systems, en <https://www.islandwatertech.com/real-time-sensor-for-improved-anaerobic-digestion-performance/>

⁹⁹ <https://www.osmobot.com/>

¹⁰⁰ <https://www.upepo.io/>

intensidad a los países de América Central y a la República Dominicana.¹⁰¹ Esto ha obligado a los gobiernos a implementar una serie de medidas con el fin de hacer frente al impacto.¹⁰² Tecnologías como las imágenes satelitales, IdC, Big Data e IA pueden contribuir a generar un escenario más apropiado para la planificación y la previsión y de esa manera obtener una mayor resiliencia en todos los niveles de la sociedad (regional, nacional y subnacional). En un contexto urbano, por ejemplo, las tecnologías que utilizan sensores remotos para predecir inundaciones (como por ej. Cloud to Street) y herramientas de diseño integral para la modelación hidráulica (como Autodesk Storm y Sanitary Analysis) son algunos de los servicios que están emergiendo para informar sobre planeamiento urbano y preparación a quienes deben tomar decisiones sobre inversión en infraestructura.

Desafíos

La recolección y utilización de conjuntos masivos de datos pueden generar nuevas vulnerabilidades y riesgos, lo que puede llevar a la discriminación contra personas, el falseamiento de evidencias y la creación de dependencias de infraestructuras centralizadas. Por ejemplo, las personas con menor poder adquisitivo y nivel educativo no generan ni por lejos la cantidad de contenido online que originan los sectores más educados de la clase media, lo que refuerza la “brecha digital”. Si los periodistas, académicos y políticos utilizan en el futuro un mayor grado de Big Data, corren el riesgo de dejar afuera cuestiones que son de gran importancia para grandes sectores de la clase trabajadora y de bajos recursos. Los gobiernos tienen un importante rol que cumplir al respecto, proponiendo medidas para hacer frente a esas barreras y fallas, de modo de asegurarse que el análisis basado en Big Data y otras innovaciones por el estilo lleguen a todos los sectores de la población y de la economía.

El sistema de IdC se compone de múltiples tecnologías móviles subyacentes, tales como GPS, GSM, y redes Mesh. Asimismo, es importante tener en cuenta que el desarrollo de infraestructura, particularmente con el surgimiento del 5G, también creará un nuevo espectro de necesidades. En particular, los reguladores deberán asegurarse de la disponibilidad de las bandas de frecuencia necesarias.¹⁰³ En segundo lugar, existen desafíos relacionados con los requerimientos para los componentes y dispositivos individuales que conforman un sistema de IdC. En particular, los dispositivos de IdC tienen que ser robustos, modulares, eficientes en el consumo de energía y, en el caso de los países en desarrollo, tienen que poseer la capacidad de funcionar a batería por largos períodos y de poder utilizar energía solar para su carga y/o recarga.¹⁰⁴ En niveles más elevados, pueden preverse desafíos en término de interoperabilidad de las plataformas de IdC, la utilización de diferentes productos comerciales listos para el uso, y requerimientos más generales en términos de estándares tecnológicos y adaptabilidad.¹⁰⁵

Las limitaciones en términos de capacidad de las redes también pueden ser un obstáculo para la adopción de IdC en gran escala. Existe en general una gran escasez de centros de datos dedicados y de conexiones entre sí que puedan recolectar, almacenar, transmitir y recibir grandes volúmenes de datos. En la medida en que se expande la cantidad de dispositivos

101 <http://www.un-spider.org/projects/SEWS-D-project-caribbean>

102 Ibid

103 Kotzé, P., Coetzee, L., Opportunities for the Internet of Things in the Water, Sanitation and Hygiene Domain, en https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-15651-0_16

104 Miazi, M. N. S., et al (2016) Enabling the Internet of Things in developing countries: Opportunities and challenges, en https://www.researchgate.net/publication/311757185_Enabling_the_Internet_of_Things_in_developing_countries_Opportunities_and_challenges

105 Onyalo, N., et al. (2015) The Internet of Things, Progress Report for Africa: A Survey, en <http://ijcsse.org/published/volume4/issue9/p2-V419.pdf>.

de IdC interconectados, este tipo de infraestructura cobra mayor importancia. Estos centros de datos, al igual que la cantidad de dispositivos conectados a la IdC, generarán una fuerte demanda de energía, la que puede ser cubierta de una variedad de formas distintas, como por ejemplo una combinación de uso de baterías, fuentes remotas de energía, y energía solar. La medida en que cada país pueda hacer frente a estas demandas de energía depende en su totalidad del contexto específico, por lo que no se pueden hacer generalizaciones. Una tercera condición que eventualmente deberá ser tenida en cuenta es la necesidad de marcos de protección de datos tanto en los países de aplicación como en sus vecinos. Otros desafíos incluyen los comparativamente bajos grados de penetración, interoperabilidad y estándares de Internet, los requerimientos de capital humano, y las plataformas para compartir datos (de código abierto).

En términos de datos, la cuestión del acceso y el intercambio también plantea desafíos técnicos. En primer lugar, la inter-comparabilidad e interoperabilidad de los sistemas de datos es una precondition tecnológica clave.¹⁰⁶ En el caso de ALC, existen otros desafíos adicionales asociados con el uso de Big Data, incluyendo la cobertura, accesibilidad y uso desiguales de los datos tanto entre regiones como entre segmentos de población, y también un desfase entre la oferta y la demanda, dado que a menudo los datos no están disponibles para los usos y en las áreas donde más se los necesita. Sumado a ello, existe una falta generalizada de desagregación y armonización, lo que significa que aún en los casos en los que los datos son de código abierto y en principio accesibles, suele ocurrir que no lo son en una forma en la que puedan ser utilizables en forma directa por los interesados.

Por último, dada la amplia aunque aún distribuida naturaleza tanto de IdC como de Big Data, se torna extremadamente difícil hacer estimaciones de costos adecuadas. De hecho, la falta de claridad en su uso específico y también en sus cifras de rentabilidad está creando considerables obstáculos para su comercialización.¹⁰⁷ Por ejemplo, los sensores son componentes primarios de todo sistema de IdC y sin embargo tienden a ser muy costosos porque normalmente los fabrican empresas ubicadas en economías desarrolladas y por tanto deben pagar gastos de envío.¹⁰⁸ Otro desafío financiero surge del hecho de que muchos de los dispositivos de IdC disponibles son marcas registradas que ya vienen con su propio software. Por tanto, su actualización puede acarrear costos adicionales de operación y mantenimiento, si bien algunos de estos costos podrían ser mitigados mediante el uso de software de código abierto.¹⁰⁹ Los costos de Big Data son igualmente difíciles de estimar, pero sin duda no son despreciables. Para dar un ejemplo, el costo de la recolección de datos para los Objetivos de Desarrollo Sostenible ha sido estimado en unos US\$ 245.000 millones. Otro tema importante en lo que hace al agua y la diversidad de género es la dificultad de obtener información desagregada sobre el género. Dado que la escala de las inversiones requeridas es mayor a lo que los gobiernos suelen estar en capacidad de afrontar, la implementación en lo que respecta a proveer las condiciones necesarias para facilitar las inversiones para cubrir la demanda de banda ancha será un gran desafío.¹¹⁰ Estas condiciones incluyen compromisos confiables, un ambiente regulatorio previsible, una estrategia de entregas en materia de infraestructura, estrategias de creación de demanda para la educación y la alfabetización informática, precios básicos para dispositivos y servicios, y reducciones impositivas para los dispositivos que se conectan a Internet.¹¹¹

¹⁰⁶ UN Global Pulse (2012) Big Data for Development: Challenges and Opportunities, en <http://www.unglobalpulse.org/sites/default/files/BigDataforDevelopment-UNGlobalPulseJune2012.pdf>

¹⁰⁷ Oehly, J. (n.d.). Unlocking the IoT Opportunity in LAC

¹⁰⁸ Miazzi, M. N. S., et al (2016) Enabling the Internet of Things in developing countries: Opportunities and challenges, en https://www.researchgate.net/publication/311757185_Enabling_the_Internet_of_Things_in_developing_countries_Opportunities_and_challenges

¹⁰⁹ Ibid

¹¹⁰ Ibid

¹¹¹ Coetzee, W., et al (2013) Making 5G a Reality for Africa, at Lockwood, D. (2010) Virtual Reality in Africa, en <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/digc.13.1.3.3214>

Blockchain



4. Blockchain

Blockchain es una tecnología que se utiliza para crear una base de datos compartida, que puede registrar y rastrear tanto transacciones como activos. En teoría, cualquier base de datos o registro podrían ser creados y mantenidos mediante el uso de *blockchain*. No está dirigida por nadie en particular, de modo que no existe versión centralizada alguna de un libro de registro. Por el contrario, es ampliamente accesible al público, o al menos a grandes grupos de personas (dependiendo de los permisos concedidos). La cadena se actualiza con cada transacción, por lo que los usuarios pueden visualizar la actividad cronológica de una cadena de bloques en particular. Una vez que algo está en la base de datos, no se puede remover. Sus partidarios elogian a esta tecnología por su solidez para evitar el fraude, su transparencia, y sus costos relativamente bajos. La tecnología *blockchain* suele ser mencionada como la solución para muchos de los grandes desafíos que afronta la humanidad. Efectivamente, puede ser utilizada en las más diversas áreas, desde la disminución de las ineficiencias en los sistemas financieros (con reducción de costos de los asistentes y mayor facilidad de uso), hasta un aumento de la transparencia y el comercio justo mediante el seguimiento y asistencia a la (re) distribución de la energía generada por los usuarios finales en las redes locales.¹¹²

Blockchain es un libro digital casi incorruptible de registro de transacciones, acuerdos y contratos (bloques) distribuido entre miles de computadoras (cadena) en todo el mundo. Los datos de un *blockchain* se validan en forma descentralizada, es decir, por una comunidad amplia en lugar de serlo por una autoridad central. En otras palabras, *blockchain* es una especie de libro de registro distribuido¹¹³ porque, a diferencia de los libros centralizados tradicionales, registra y sincroniza las transacciones mediante una red de nodos interdependientes (computadoras) y sus respectivos registros.¹¹⁴

Blockchain se apoya en tres tecnologías principales:

- **Llaves criptográficas**, que crean una identidad digital entre los socios de una transacción;
- **Una red distribuida entre pares** (*peer-to-peer* o P2P), que provee un medio para aprobar y autorizar las transacciones;
- **Un protocolo de red**, es decir, un conjunto de reglas mediante las cuales los nodos de una red aplican en forma colectiva una regla sobre la que se han puesto de acuerdo.

El uso de la criptografía provee un método de autenticación, aportando identidad y propiedad a las transacciones. Sin embargo, la autenticación también debe ir de la mano de la

112 Daussa et al., BID (2019) *Blockchain for Microfinance, A Study & Pilot in the Water and Sanitation Sector*

113 Mainelli, M., Smith, M. (2015) *Sharing Ledgers for Sharing Economies: An Exploration of Mutual Distributed Ledgers (Aka Blockchain Technology)*, en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3083963

114 Banco Mundial (2018) *Blockchain & Distributed Ledger Technology (DLT)*, en <https://www.worldbank.org/en/topic/financialsector/brief/blockchain-dlt>

autorización, que se basa en el consenso entre nodos de una red P2P.¹¹⁵ Toda modificación de datos es sometida a dicho consenso, lo que significa que los nodos pueden aceptar o rechazar las modificaciones de acuerdo a las reglas convenidas. Una vez que la mayoría de los nodos llegan a un acuerdo, las modificaciones se combinan en un ‘bloque’ junto a otras modificaciones del mismo ciclo temporal y se agregan a una cadena de bloques previamente acordados. Estos nodos que sirven a la red P2P resuelven intensos problemas matemáticos computacionales y producen un registro de todas las modificaciones de datos que tuvieron lugar,¹¹⁶ permitiendo de ese modo a todos los participantes ver todas las transacciones que se realizaron.

La combinación de criptografía con las acciones de la red P2P asegura que los datos verificados no puedan ser manipulados por individuos o grupos y que tampoco se realicen nuevas modificaciones que pasen desapercibidas. Esto significa que, sin conocerse entre sí y sin depender de una autoridad central, los usuarios pueden confiar en los datos contenidos en un *blockchain*.¹¹⁷ Esta es la esencia del *blockchain*: la producción de datos y registros confiables sin la participación de una autoridad central. Además de las monedas digitales, la tecnología *blockchain* puede manejar cualquier otra transacción que pueda expresarse como un código de computación. Estos principios permiten aplicarlo en: i) las industrias creativas; ii) procesos electorales; iii) manejo de títulos de tierra y de cualquier otro derecho de propiedad; iv) identificación de personas; y v) manejo de los derechos de propiedad intelectual.

Además de las criptomonedas, otro ejemplo práctico de su aplicación son los contratos inteligentes, que son aplicaciones que permiten la validación automática de contratos siempre y cuando se cumplan determinadas condiciones. Por ejemplo, si se descarga un producto en un puerto, entonces se puede ejecutar el pago por dicho producto.¹¹⁸ Esto tiene el potencial de mitigar cuestiones de corrupción, cumplimiento con los contratos, asimetría de la información, o conflictos entre los principales agentes.¹¹⁹ Asimismo, se pueden evitar cuestiones de confianza relacionadas con intermediarios tales como bancos u organismos gubernamentales, al tiempo que contar con un contrato seguro y ejecutable reduce el riesgo crediticio para las instituciones financieras, lo que tiene el potencial de reducir eficientemente los costos de capital.

115 Citi GPS, Digital Disruption (2016) How FinTech is Forcing Banking to a Tipping Point, en <http://www.disruptivefinance.co.uk/2016/04/01/how-fintech-is-forcing-banking-to-a-tipping-point-citi-report/>

116 Pisa, M. and Juden, M., (2017) *Blockchain* and Economic Development: Hype vs. Reality. CGD Policy Paper, en: <https://www.cgdev.org/publication/blockchain-and-economic-development-hype-vs-reality>

117 Ibid

118 https://www.wto.org/english/res_e/booksp_e/blockchainrev18_e.pdf

119 Sharda, S. (2018) How India can Lead the World Into the Fourth Industrial Revolution, en <https://www.weforum.org/agenda/2018/11/india-can-be-the-laboratory-that-leads-the-world-into-the-fourth-industrial-revolution/?fbclid=IwAR0ZC-5Ru6w5YfmBHdPCaeL4e5Tc4hjaTM5sAhiWms6FVP1fphfQu5eP518>

Al proveer un registro seguro, transparente y distribuido en el que registrar las transacciones entre partes, la tecnología basada en *blockchain* podría transformar radicalmente la manera en que se gestionan y comercializan los recursos hídricos.

Esto podría permitir que cualquiera, ya sea un usuario residencial, un consumidor industrial, un gerente de empresa de agua o un político acceda a los mismos datos sobre calidad y cantidad de agua y pueda tomar decisiones bien informadas. Ese nivel de transparencia podría ayudar a los consumidores a decidir cuándo conservar o usar el agua. Asimismo, tiene la capacidad de contribuir a evitar la corrupción en situaciones en las que podrían existir incentivos para que las autoridades locales alteren o intenten ocultar datos sobre calidad del agua.

Esta tecnología también podría facilitar la comercialización P2P de derechos sobre el agua, empoderando a los usuarios que posean suficientes recursos o que estén dispuestos a compartir el exceso de este con otros usuarios en su área, a hacerlo en cualquier momento que lo deseen. Imaginemos un escenario en el que los agricultores que están sobre la misma cuenca hídrica toman la decisión de comercializar sus cuotas sobre la base de los últimos datos meteorológicos disponibles, precio de la cosecha, tendencias del mercado y previsiones climáticas de más largo plazo, información de la que en buena medida ya tienen acceso mediante sus dispositivos móviles.¹²⁰

Este tipo de enfoque transparente y en tiempo real de la gestión del agua podría mitigar las tensiones que puedan surgir en ciertas localidades, mediante la democratización del acceso a la información y la prevención de la manipulación de datos.

Por ejemplo, Power Ledger es una empresa pionera en aplicaciones *blockchain* para el sector hídrico que desarrolla en la ciudad australiana de Fremantle actividades relacionadas con la creación de un sistema de comercialización basado en el *blockchain* que se nutre de datos de medidores inteligentes de agua.¹²¹

4.1. Estudios de casos

Blockchain tiene el potencial de ser tanto una piedra angular como una plataforma de lanzamiento para una nueva infraestructura de desarrollo. Innovaciones tempranas basadas en Internet, tales como M-PESA de Kenia, han demostrado claramente el apetito existente por servicios financieros online accesibles, y el nuevo emprendimiento sudafricano Bankymoon ya está ofreciendo productos para facilitar el pago de servicios de agua y energía mediante criptomonedas. Como explica el CEO de Bankymoon: “A diferencia de las cuentas bancarias, las direcciones de los bitcoins pueden ser monitoreadas por procesos predefinidos que pueden poner en marcha acciones en forma automática. Estas acciones pueden ser parte de un flujo de trabajo que se ponga en marcha solo una vez que se haya detectado una transacción mediante bitcoins”.¹²² Esto de hecho podría permitir a quienes habitan en países en desarrollo y que están aún fuera del sistema bancario pagar con mayor facilidad su consumo de agua.

¹²⁰ Stinson, C. (2018) How *Blockchain*, AI and Other Emerging Technologies Could End Water Insecurity, en <https://www.greenbiz.com/article/how-blockchain-ai-and-other-emerging-technologies-could-end-water-insecurity>

¹²¹ Power Ledger (2018) Project Update: Fremantle Smart City Development, en <https://medium.com/power-ledger/project-update-fremantle-smart-city-development-b16ccce2eb8f>

¹²² Smart Energy International (2015) Smart Meters Prepaid: Bankymoon Develops Bitcoin Solution, en <https://www.smart-energy.com/top-stories/smart-meters-payment-bankymoon-develops-bitcoin-solution/>

Contratos inteligentes

Los contratos inteligentes son otra aplicación de tecnología *blockchain* con un gran potencial para mejorar el acceso a los servicios básicos. Por ejemplo, la distribución de agua para la agricultura suele requerir contratos entre los granjeros y los proveedores de agua que pueden insumir tiempo y ser poco precisos, forzando muchas veces a los consumidores a tener que estimar cuánta agua necesitarán en las próximas semanas.¹²³ La empresa australiana Civic Ledger ha estado trabajando directamente con el gobierno a nivel local y nacional para utilizar tecnología *blockchain* para ocuparse de ese tema. Uno de sus productos, WATERLEDGER, mejora la transparencia y la confiabilidad de los mercados del agua e incrementa la eficiencia de la asignación de recursos mediante el establecimiento de una plataforma comercial basada en el sistema Ethereum en la que los consumidores y los proveedores del servicio pueden formular contratos entre sí sin intermediarios. Este mercado es de fácil acceso online y posee ventajas tales como el bajo costo de las transacciones, un alto grado de confiabilidad, y asiento simultáneo en los registros estatales.¹²⁴ En base a los resultados arrojados por sus pruebas, esta tecnología podría llegar a producir ahorros de hasta US\$ 61,5 millones mediante la unificación en un solo sistema de lo que actualmente realizan cuatro plataformas distintas. Además de minimizar las potenciales fricciones comerciales, esta simplificación puede traducirse en un ahorro de entre US\$ 34 millones y US\$ 68,4 millones para los granjeros y reducir el tiempo de transacción de nueve semanas a prácticamente cero.¹²⁵

Captura del agua de lluvia para las granjas verticales y proyectos de invernaderos urbanos

La empresa WATERIG¹²⁶ ha lanzado estudios piloto en Hong Kong que incluyen el establecimiento de puntos de recolección del agua de lluvia. Estos centros se conectan a sistemas de procesamiento del agua y luego se dirigen a aplicaciones como las granjas verticales (plantación de cosechas en edificios) y proyectos de invernaderos urbanos. Dado que el servicio es descentralizado, las distintas comunidades pueden decidir qué funciona mejor para cada una de ellas y luego utilizar el *blockchain* para financiar en forma colaborativa (crowdfunding) sus propios centros de acopio de agua. Los puntos descentralizados de recolección de agua de WATERIG buscan reducir las presiones sobre las actuales infraestructuras gubernamentales de recolección y tratamiento de aguas. Esto es vital en una época en que las poblaciones urbanas crecen a ritmo vertiginoso a la par que la infraestructura en general se deteriora.¹²⁷

123 Calver, O. (2019) Water Trading in Minutes with *Blockchain*, en <https://www.theland.com.au/story/6274260/blockchain-in-the-pipeline/>

124 <https://waterledger.com/>

125 Ibid

126 <https://www.waterig.com/>

127 Russell, O. (2018) *Blockchain* and Water: Everything You Need to Know, en <https://hackernoon.com/blockchain-and-water-everything-you-need-to-know-b7e753108715>



Gestión del suelo e irrigación

BanQu es la primera plataforma de *blockchain* del mundo que no es una criptomoneda y que tiene por finalidad ayudar a la gente a salir de la extrema pobreza. La empresa opera en Brasil, Costa Rica, Estados Unidos, India, Indonesia, Jordania, Malawi, Somalia, Sudáfrica, Uganda, y Zambia, con lanzamientos previstos en Nigeria, China y México para fines de 2019. BanQu conecta a las personas en estado de extrema pobreza con la cadena global de suministros en la que participan mediante un registro seguro, inmutable y distribuido de datos financieros y personales. La empresa logra ese objetivo mediante la creación de una identidad económica reconocible y evaluada para las personas más pobres en cualquier parte del mundo, lo que les permite disponer de un perfil online gratuito y seguro con el que poder comenzar a rastrear sus relaciones y transacciones.¹²⁸ Mediante este proceso, la empresa ha conseguido reducir el costo de acceso al financiamiento para los pequeños agricultores de América Latina, al conectar en BanQu sus derechos de propiedad sobre la tierra con su identidad económica. De esta manera, los granjeros obtienen acceso directo a servicios personalizados de seguros de cosechas, gestión del suelo e irrigación, y rotación de cosechas.

Tratamiento del agua

La aplicación de tecnología *blockchain* puede aprovecharse también para desarrollar y desplegar sistemas de tratamiento de agua. OriginClear es un proveedor de tecnología de tratamiento de agua que ha creado un protocolo denominado WaterChain. Su objetivo es crear una plataforma que permite mejorar la calidad del agua en todo el mundo, reduciendo de ese modo la cantidad de muertes a causa de las malas condiciones sanitarias. La plataforma WaterChain permite a los inversionistas adquirir vales para financiar proyectos de reciclaje de agua y recibir un rendimiento a cambio. De este modo, OriginClear intenta crear nuevas oportunidades de financiamiento para las instalaciones de tratamiento del agua.¹²⁹

4.2. Oportunidades y desafíos

La tecnología *blockchain* tiene el potencial de mejorar el funcionamiento de los sectores público y privado. Sin embargo, junto a sus aplicaciones, incluyendo Bitcoin, la más famosa de todas, son tecnologías nuevas: tienen solo una década de existencia al momento de esta publicación. Por esa razón, se hace extremadamente difícil predecir sus potenciales

¹²⁸ <https://banqu.co/>

¹²⁹ <https://www.originclear.com/>

impactos. La adopción de la mayoría de las innovaciones tecnológicas depende de factores como infraestructura esencial, personal especializado y gobernanza adecuada. En cierto modo, la tecnología *blockchain* se aparta de la dependencia en la infraestructura, aunque sí se mantienen en pie la dependencia en la electricidad y en la conexión estable a Internet. Observamos asimismo que un mayor uso de *blockchain* requiere de cambios en la regulación del comercio P2P. En muchos países, la legislación vigente no contempla su uso, y en la mayoría de ellos solo están previstos sistemas centralizados o jerárquicos.¹³⁰

Cuanto más grande es la red P2P, mejor operan las soluciones *blockchain*, ya que estas reciben un mayor poder de cómputo. Esto significa que es necesario que haya un acceso estable a la electricidad, banda ancha adecuada y veloz, una comunidad de usuarios (nodos) motivada, y la voluntad política de adaptar las regulaciones y desarrollar modelos adecuados de gobernanza.

Oportunidades

Transparencia en el sector hídrico

Blockchain es un registro público seguro, transparente y distribuido de las transacciones entre partes. Si se utiliza un *blockchain* público para registrar la calidad y cantidad del agua, esa información no puede ser ocultada ni alterada por gobiernos, corporaciones o individuos poderosos con fines ilícitos. Esta tecnología y sus características han cedido paso a un nuevo nivel de acceso a la información y a un enfoque de la gestión del agua en tiempo real. Los datos sobre calidad y cantidad del agua pueden así utilizarse para tomar mejores decisiones en una época de creciente escasez del recurso.¹³¹

Cooperación para una gestión más inteligente del agua

Juntos, *blockchain* e Internet de las Cosas hacen que los sistemas de agua de las ciudades se vuelvan más inteligentes, seguros y eficientes. Por ejemplo, casi la mitad del agua de Ciudad de México se pierde en las redes debido a cañerías defectuosas. Con un sistema de gestión del agua basado en IdC, el panorama podría ser muy distinto. La red de distribución de agua de la ciudad contaría con sensores inteligentes que recolectarían información sobre presión y calidad del agua. Comunicándose por Internet, estos sensores pueden intercambiar datos para monitorear pérdidas, roturas de caños y contaminación y luego enviar rápidamente alertas para advertir a las personas a cargo e incluso modificar la presión del agua para evitar daños mayores. Para decirlo en pocas palabras, la IdC permite total comprensión, automatización y control sobre cada tramo de la red de agua de una ciudad.¹³²

¹³⁰ Pisa, M. and Juden, M. (2017) Blockchain and Economic Development: Hype vs. Reality. CGD Policy Paper, en <https://www.cgdev.org/publication/blockchain-and-economic-development-hype-vs-reality>

¹³¹ Russell, O. (2018) Blockchain and Water: Everything You Need to Know, en <https://hackernoon.com/blockchain-and-water-everything-you-need-to-know-b7e753108715>

¹³² Ibid

Desafíos

Blockchain es una excitante tecnología que ha recibido muchísima atención en los últimos años. Los escépticos ponen el énfasis en los desafíos que presentan su desempeño y escalabilidad. La mayoría de los sistemas de *blockchain* existentes están aún en etapa piloto y también han surgido importantes desafíos en lo que hace a la interoperabilidad de los diferentes sistemas de *blockchain*. Estos sistemas se han visto bajo creciente escrutinio regulatorio en los últimos años, y esa tendencia posiblemente continúe hasta que se hayan resuelto todas las dificultades legales y regulatorias.

Mucho se ha escrito sobre el potencial de reducción de costos del *blockchain*, en comparación con la reducción de ineficiencias y fricciones en el sistema. No obstante, la operación de una plataforma *blockchain* consume ingentes cantidades de energía debido a los requerimientos de computación, más que nada una red P2P de grandes dimensiones para mejorar la operación. Un ejemplo claro se ve en las Bitcoins, que en sus primeros 10 años de existencia han consumido más poder computacional que los 10.000 bancos más grandes del mundo juntos (3,5m TH/s).¹³³ Incluso una criptomoneda mucho más joven –Ethereum– rápidamente insumió más poder de cómputo que Google por medio de su red P2P.¹³⁴ Esto también implica que los costos de operación del *blockchain* pueden ser significativos. Una estimación del costo de operación del *blockchain Bitcoin* –asociado con la actividad de validar y compartir transacciones en el registro público– es de US\$ 600 millones al año.¹³⁵ Sumado a ello, el costo de expandir constantemente los requerimientos de almacenamiento también debe ser tenido en cuenta. Una estimación publicada por Forbes determinó que, en base a los actuales costos de transacción, el costo a largo plazo de almacenamiento por gigabyte de un nodo Bitcoin excedería los US\$ 22 millones.¹³⁶

¹³³ Bauerle, N. (2019) How Does Blockchain Technology Work?, en <https://www.coindesk.com/information/how-does-blockchain-technology-work>

¹³⁴ Ibid

¹³⁵ Deloitte (2016) Blockchain Enigma. Paradox. Opportunity, en: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/Innovation/deloitte-uk-blockchain-key-challenges.pdf>

¹³⁶ Bloomberg, J. (2018) Don't Let Blockchain Cost Savings Hype Fool You, en <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/02/24/dont-let-blockchain-cost-savings-hype-fool-you/>

Drones y Sensores Remotos



5. Drones y sensores remotos

Los drones, o vehículos aéreos no tripulados (VANT), son términos genéricos para designar a vehículos voladores controlados en forma remota mediante sensores y navegación por GPS. Originalmente designada para uso militar, esta tecnología se utilizó para tareas de inteligencia, vigilancia y reconocimiento. Sin embargo, aunque los usos militares de los VANT se remontan a la segunda mitad del siglo XX,¹³⁷ hoy esta tecnología se aplica cada vez más en un contexto civil, con fines tanto comerciales como recreativos.¹³⁸

En general, los drones son relativamente baratos y fáciles de utilizar en misiones de mapeo y recolección de datos. También pueden ser programados, lo que facilita aún más su uso. Si las condiciones del tiempo son favorables, pueden ser desplegados en cualquier momento, lo que constituye una significativa ventaja sobre los satélites, que solo pueden monitorear sobre una base regular. Adicionalmente, pueden recolectar imágenes bajo las nubes y a menudo con mejor resolución que los satélites.¹³⁹ Debido a estas ventajas, los drones son cada vez más utilizados con fines no militares, como por ejemplo los esfuerzos por recolectar datos en forma urgente, evaluar la situación, identificar a las víctimas y apoyar las operaciones de búsqueda y rescate tras un desastre natural.¹⁴⁰

Haití, un país con alta propensión a los huracanes, da desplegado drones con fines humanitarios desde 2012. La Organización Internacional para la Migración (OIM) ha utilizado imágenes tomadas por drones ante y después de los huracanes para calcular rápidamente cuántas casas fueron destruidas y cuánta gente había quedado sin hogar y necesitaba refugio urgentemente. Esas imágenes también fueron utilizadas en Haití para planificar una barrera contra inundaciones a fin de proteger a la comunidad contra futuros huracanes.¹⁴¹

La producción de drones crece a pasos agigantados. Se espera que para 2030, el principal uso de los drones en todo el mundo sea la prospección industrial de petróleo y gas, energía, infraestructura y transporte. Otros importantes mercados son el sector militar y la agricultura. En cambio, se espera que, ante estas aplicaciones industriales, los drones utilizados para la entrega de productos desempeñen un papel secundario.¹⁴²

137 Sandvik, K. (2017) African Drone Stories, *Behemoth A Journal on Civilization*, 2015, Volume 8, Issue 2, en <https://ssrn.com/abstract=3060768>

138 Washington, A. N (2018) A Survey of Drone Use for Socially Relevant Problems: Lessons from Africa, en https://www.researchgate.net/profile/Alicia_Washington/publication/330988826_A_Survey_of_Drone_Use_for_Socially_Relevant_Problems_Lessons_from_Africa/links/5c5f380d299b1d14cb7e75b/A-Survey-of-Drone-Use-for-Socially-Relevant-Problems-Lessons-from-Africa.pdf

139 NEPAD (2018) Drones on the Horizon: Transforming Africa's Agriculture, en <https://www.nepad.org/publication/drones-horizon-transforming-africas-agriculture>

140 Washington, A. N (2018) A Survey of Drone Use for Socially Relevant Problems: Lessons from Africa, en https://www.researchgate.net/profile/Alicia_Washington/publication/330988826_A_Survey_of_Drone_Use_for_Socially_Relevant_Problems_Lessons_from_Africa/links/5c5f380d299b1d14cb7e75b/A-Survey-of-Drone-Use-for-Socially-Relevant-Problems-Lessons-from-Africa.pdf

141 https://ec.europa.eu/echo/field-blogs/stories/how-drones-can-help-humanitarian-crises_en

142 Stamford, C. (2017) Gartner Says Almost 3 Million Personal and Commercial Drones Will be Shipped in 2017, en <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-09-gartner-says-almost-3-million-personal-and-commercial-drones-will-be-shipped-in-2017>

Tabla 4. Tendencias en la producción de drones

	Drones comerciales	Número total de drones
2016	110.000	2.160.000
2017	174.000 (60% increase from 2016)	3.000.000 (39% de aumento desde 2016)
2020	Se espera que el mercado total de drones para uso comercial y personal alcance los US\$ 11.200 millones	

Fuente: Gartner (2017) Gartner Says Almost 3 Million Personal and Commercial Drones Will Be Shipped in 2017, at <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-09-gartner-says-almost-3-million-personal-and-commercial-drones-will-be-shipped-in-2017>

En el contexto de la 4RI, el desarrollo de drones y de sistemas de operación asociados provee un buen ejemplo de la fusión de tecnologías. El rápido desarrollo de las tecnologías de drones determinará en última instancia sus capacidades futuras. Esto es particularmente cierto en lo que respecta a los progresos tecnológicos en los campos de ingeniería y de manufactura, que podrían producir modelos mejorados de simulación, nuevos materiales, almacenamiento disperso de baterías, impresión en 3D de componentes metálicos, métodos biomiméticos de impresión en 4D para superficies elásticas optimizadas y novedosas herramientas de software, además de tecnologías TIC, incluyendo la IA, comunicaciones móviles 5G, y electrónica miniaturizada.¹⁴³ Todos estos elementos tendrán un impacto directo sobre las capacidades tanto actuales como futuras de los drones.

Varias tecnologías complementarias están asociadas con la operación y uso de los drones. Algunas de las más relevantes para las aplicaciones agrícolas incluyen GPS, SIG (sistema de información geográfica), tecnología de frecuencia variable y sensores remotos de datos. La disponibilidad de GPS y SSNG (Sistemas Satelitales de Navegación Global) confiables es crucial para que cualquier operador pueda determinar locaciones y realizar mediciones precisas.

De modo similar, la disponibilidad del SIG es condición indispensable para analizar y visualizar todo tipo de datos geográficos. Las principales empresas tecnológicas, como Sony, han comenzado a diversificar sus modelos de negocios, aprovechando su experiencia en soluciones de tecnología para acceder a nuevos nichos. Su producto Smart Agriculture ofrece analíticas avanzadas sobre vegetación mediante el uso de su Cámara Multiespectral montada en drones, que captura simultáneamente mapas y geolocalización 12MP RGB y 2MP NDVI para dar una visión panorámica de la densidad de la plantación.¹⁴⁴ En la medida en que la tecnología de los drones ha ido madurando a paso firme, los agricultores han ido utilizándola más allá del mapeo y del análisis de datos geográficos. Para conseguir una efectiva actividad agrícola de precisión basada en drones, es esencial la tecnología de frecuencia variable, ya que permite aplicar fertilizantes o pesticidas en cantidades y sitios específicos.

Los drones también pueden ser útiles para aumentar la eficiencia de la irrigación y para detectar posibles charcos o defectos en la misma.¹⁴⁵ Skyx, una empresa canadiense de tecnología robótica aplicada a la agricultura, ha creado una innovadora solución denominada

¹⁴³ Ibid

¹⁴⁴ https://pro.sony/ue_US/solutions/agriculture/smart-agriculture-solution

¹⁴⁵ <https://halorobotics.co.id/agriculture/irrigation-management-drones/>

Skyx Precision Agriculture Spraying Swarm (PASS), que se puede usar para irrigar plantaciones en forma uniforme sobre toda su superficie.¹⁴⁶ Por último, la disponibilidad de datos tomados por sensores remotos es crucial, ya que la información sobre el suelo y la siembra permite realizar análisis de alto nivel, como los parámetros biofísicos del plantío o los índices de vegetación.¹⁴⁷ Estos datos también se incluyen normalmente en las bases de datos SIG, y las imágenes satelitales actualizadas son una condición necesaria para las operaciones de pre-vuelo, incluyendo la planificación, determinación del rango de vuelo, y parámetros de elevación mínima.

En tanto, los sensores remotos pueden contribuir a resolver muchas de las cuestiones relacionadas con la asimetría de la información e insuficiencia de datos en los países en desarrollo. Las capacidades y técnicas características de los sensores remotos son perfectamente adecuadas para monitorear las precipitaciones a escala regional, los presupuestos de agua, la humedad del suelo, y algunos parámetros de calidad del agua. Al unir las capacidades de los sensores remotos con las imágenes satelitales, se tornan posibles la caracterización de cuencas, el monitoreo de calidad del agua, la evaluación de la humedad del suelo, el monitoreo de la extensión y nivel del agua, el monitoreo de los servicios de irrigación, la modelización de la demanda de agua para uso urbano y agrícola, la gestión de aguas subterráneas, la modelización hidrológica, y el mapeo y pronóstico de inundaciones.¹⁴⁸ Esta tecnología ha sido utilizada por el satélite europeo Sentinel-1 para estimar los volúmenes de agua retenidos en pequeños reservorios con el fin de evaluar la factibilidad de los pequeños sistemas de suministro de agua en países de bajos ingresos.¹⁴⁹

5.1. Estudios de casos

Los drones marcan un punto de inflexión tecnológico en virtud de las múltiples posibilidades que ofrecen en diversas áreas. Sin lugar a dudas, tienen innumerables ventajas frente a los vehículos tripulados, proveyendo por ejemplo fácil acceso a áreas remotas que de otro modo serían inaccesibles.¹⁵⁰ También poseen capacidades de vigilancia más versátiles y económicas, y abren nuevas vías para la recolección de información. Debido a sus vínculos con la digitalización y la robótica, pueden asimismo resolver una gran cantidad de problemas en sitios de difícil acceso físico.

Dado el profundo impacto económico que se espera que tengan en múltiples áreas, suele asociárselos a la idea de salto cualitativo en términos de desarrollo económico.¹⁵¹ Los VANT cubrirán algunas de las necesidades futuras de movilidad, reemplazando a servicios por carretera, vías férreas, agua y aire.¹⁵² El nivel de integración entre los drones y sus contrapartes tripuladas es algo que aún está por verse, pero se espera que al menos haya cierto grado de interacción entre ellos. Un ejemplo es el uso de drones en el transporte de carga. Los impactos

146 <https://www.skyx.solutions/>

147 *Ibid.*

148 Andres, L., et al (2018) A Review of In-Situ and Remote Sensing Technologies to Monitor Water and Sanitation Interventions, en <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/6/756/pdf>

149 *Ibid.*

150 Washington, A. N (2018) A Survey of Drone Use for Socially Relevant Problems: Lessons from Africa, en https://www.researchgate.net/profile/Alicia_Washington/publication/330988826_A_Survey_of_Drone_Use_for_Socially_Relevant_Problems_Lessons_from_Africa/links/5c5f380d299bfd14cb7e75b/A-Survey-of-Drone-Use-for-Socially-Relevant-Problems-Lessons-from-Africa.pdf

151 Sandvik, K. (2017) African Drone Stories, *Behemoth A Journal on Civilization*, 2015, Volume 8, Issue 2, en <https://ssrn.com/abstract=3060768>

152 Schechtner, K., et al. (2018) (Un)certain Skies? Drones in the World of Tomorrow, en <https://www.itf-oecd.org/uncertain-skies-drones>

económicos no se limitan a las nuevas posibilidades tecnológicas, sino que también incluyen el empleo. Por ejemplo, la proliferación de drones y su integración al espacio aéreo tendrán impactos sobre la fuerza laboral en la industria de la aviación, generando nuevos empleos en los sectores de fabricación y servicios.

La aplicación de la tecnología VANT en el sector del agua ha comenzado a ganar tracción merced a sus propiedades transformacionales en los regímenes de monitoreo y mantenimiento, agregando valor comercial y precisión ingenieril. Los drones permiten la inspección de cañerías, cruces de alcantarillas, uniones y vigas, evitando de esa manera las interrupciones y los gastos típicos de las más costosas y lentas inspecciones de acceso manual.¹⁵³ El montado de escáneres LiDAR a VANT para crear modelos 3D de activos y terrenos ofrece a las empresas una vista rápida y de alta definición de activos y topografías. La firma Anglian Water recientemente utilizó drones equipados con sistemas de imágenes térmicas para detectar pérdidas, ya que las cámaras térmicas descubren fácilmente las diferencias de temperatura en los puntos donde se filtra el agua y la tierra que los rodea. Los drones tienen la capacidad de localizar con exactitud incluso las filtraciones más pequeñas, minimizando de esa manera las tareas de excavación y la interrupción del servicio. Utilizando esta tecnología junto con la capacidad de rastreo del GPS, los drones pueden visitar áreas problemáticas en cuestión de minutos y enviar información visual y termográfica de alta definición en tiempo real a un equipo de inspección.¹⁵⁴ Por otro lado, también pueden aplicarse en tareas de ayuda humanitaria y alivio de desastres, como atender las necesidades sanitarias en campos de refugiados o monitorear el drenaje ácido en minas abandonadas y en el relave.¹⁵⁵

Con el advenimiento de los drones se lograron avances en la metodología del uso de técnicas de sensores remotos para el manejo del agua en sistemas agrícolas. Por ejemplo, en algunos estados de India las autoridades se vieron frente a la peor crisis hídrica en la historia del país, que produjo una aguda escasez del recurso para más de 600 millones de personas y llevó a que más del 80 % del total del agua del país se destinara a la irrigación. Esto es particularmente alarmante debido a que la capa freática del país está desapareciendo muy rápidamente. Esa situación se ve agravada por el hecho de que la mayoría de los gobiernos estatales se encuentran con un cuello de botella: el consumo de agua no facturada de algunas explotaciones agrícolas. Esto reduce el nivel de ingresos necesario para el mantenimiento adecuado de una red de canales bien diseñada. Los gobiernos estatales, que estaban usando mapas agrícolas obsoletos y desactualizados, necesitaban información actualizada y precisa sobre los tipos de plantaciones y métodos de irrigación. Ante esa situación, contrataron a Terra Drone India para que mapeara un área de unos 4.200 km² de parcelas agrícolas en un tiempo reducido, de modo de poder mejorar su sistema de generación de ingresos y obtener datos de alta precisión con los que optimizar su planificación del suministro hídrico.¹⁵⁶

La tecnología de los drones puede mejorar la precisión de las predicciones de calidad del agua y reducir la cantidad de personas necesarias para recoger muestras. El Concejo de Auckland unió fuerzas con Pattle Delamore Partners, una consultora ambiental y de ingeniería de Nueva Zelanda, para desarrollar una metodología de muestreo de aguas. Las muestras son recogidas en varios puntos, alejados hasta un kilómetro de la costa, por drones que introducen bolsas para recolectar el agua. Luego de los análisis de laboratorio, los resultados

153 Williams, D. (2018) The Power of Drones for the Water Sector, en <https://wwtonline.co.uk/features/the-power-of-drones-for-the-water-sector>

154 Ibid

155 Matthews, S. (2018) Water and Technology: The Age of the Drone – Keeping an Eye on the Nation's Water, en http://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/WW%20July_Aug%202018%20WATER%20AND%20TECHNOLOGY.pdf

156 Terra Drone India (2019) Water Management Made Easy With Drones – A Case Study, en https://medium.com/@info_16773/water-management-made-easy-with-drones-a-case-study-4db4cfc600e

son informados al sistema de monitoreo de agua del concejo. Esta práctica no solo aumenta la precisión de las predicciones sobre calidad del agua, sino que también reduce los costos operativos para la ciudad de Auckland.¹⁵⁷

La desigualdad económica está en aumento en toda ALC, con más y más familias cayendo en la pobreza. Como resultado, mucha gente vive en asentamientos informales (llamados favelas en Brasil) que poseen escaso o ningún acceso a vivienda, educación, agua limpia, saneamiento y otros servicios básicos adecuados. El área metropolitana de San Pablo tiene más de 2 millones de personas habitando en favelas. Ante esta situación, una organización brasileña sin fines de lucro denominada Techo asumió la tarea de construir una sociedad justa, integrada y sin pobreza que pueda dar a las familias que viven en esas áreas acceso a servicios básicos como agua, electricidad y sistemas de desagüe. Techo se asoció con DroneDeploy para mapear el área y contabilizar a las familias que habitan en ella, como primer paso para lanzar un proyecto de mejoramiento urbano que lleve agua potable a esos asentamientos.¹⁵⁸

Modelización de planta

Las instalaciones de agua y de tratamiento de aguas a menudo carecen de documentación y planos completos. Los drones pueden captar rápidamente “un modelo 3D preciso y listo para el diseño industrial de una planta” que permite a los equipos de gestión patrimonial tener una mejor comprensión de las instalaciones existentes.¹⁵⁹ Los modelos más completos pueden ayudar a los equipos de mantenimiento a realizar tareas de inspección y mantenimiento con menor cantidad de visitas al sitio, y a los equipos de ingeniería planear las reparaciones y modificaciones más eficientemente.

En un estudio financiado por el Fondo para el Desarrollo Regional Europeo, se puso a prueba la utilización de drones para el monitoreo topobatimétrico de los reservorios de la Cuenca del Río Segura en España. En este proyecto, el equipo usó VANT para la fotogrametría, Vehículos de Superficie Acuática para la revisión batimétrica y Vehículos de Operación Remota para la revisión batimétrica y pruebas de calidad del agua, con el fin de medir el potencial y los costos de drones con sensores para “proveer modelos digitales de superficies de reservorios con un alto grado de resolución espacial y altimétrica”.¹⁶⁰ El costo del diseño y manufactura de las sondas y su integración con los diferentes drones variaba entre los US\$ 10.500 y US\$ 16.000; considerando la calidad de los resultados y la reducción de tiempos, se estimó que el costo de estas técnicas batimétricas con uso de drones era un 75 % menor que la batimetría tradicional.¹⁶¹

157 Aquatech (2019) Drones Reduce Water Quality Sampling Costs in Auckland, New Zealand, en <https://smartwatermagazine.com/news/aquatech/drones-reduce-water-quality-sampling-costs-auckland-new-zealand>

158 <https://www.dronedeploy.com/resources/stories/drone-mapping-impoverished-neighborhoods/>

159 Williams, A. (2018) Flying High: How Water is Adopting Drones, en <https://www.waterworld.com/international/utilities/article/16201296/flying-high-how-water-is-adopting-drones>

160 Erena, M., et al (2019) Use of Drones for the Topo-Bathymetric Monitoring of the Reservorios of the Segura River Basin, en <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/445>

161 Ibid

Inspección de desagües

Existen asimismo indicios de que los drones podrían ser útiles para las redes de alcantarillado y cañerías colectoras. Un ejemplo de ello es la iniciativa ARSI (Aerial Robot for Sewer Inspection), un novedoso proyecto apoyado por la UE que pone a prueba el uso de un Micro Vehículo Aéreo para la inspección de esas instalaciones¹⁶².

ARSI tiene en cuenta al operador e incluye un diseño de plataforma basado en múltiples sensores de última generación. En la actualidad, se enfoca mayormente en desarrollar tareas de inspección para apoyar la labor de los operarios presenciales, pero en el futuro próximo la tarea se centrará en la inspección estructural automática, reemplazando la presencia humana, y también en la detección de gases peligrosos y recolección de muestras.¹⁶³

Datos recogidos en forma remota de imágenes satelitales

Dado que la gestión de los recursos hídricos (GRH) es un gran desafío global, avanzar hacia el uso de imágenes por satélite sería una solución más escalable. Los drones carecen de escalabilidad para ciertas aplicaciones, tales como la cobertura de grandes superficies agrícolas o reservorios de agua; en cambio, los instrumentos sensores de los satélites proveen una perspectiva única sobre las mediciones directas e indirectas de casi todos los componentes del ciclo hídrico. Dado que el número de lanzamiento de satélites ha crecido sustancialmente en la última década, la información satelital ofrece oportunidades sin precedentes para apoyar y mejorar la GRH en todo el mundo. Esto puede observarse en los beneficios que proveen los sensores remotos, ya que las imágenes satelitales pueden ofrecer información continuamente controlada sobre la calidad del agua, identificando y minimizando de esa manera las fuentes de agentes contaminantes potencialmente nocivos para la vida tanto humana como acuática.¹⁶⁴ Los sensores remotos de los satélites pueden aportar información crítica para apoyar la gestión del agua y el monitoreo de la evolución de los riesgos y sus potenciales impactos. Si bien estos sensores se hallan aún en sus estadios iniciales y adolecen todavía de muchas limitaciones en el contexto de la GRH, la gran cobertura espacial y resolución temporal que aportan hace que puedan proveer información casi a escala global virtualmente en tiempo real.¹⁶⁵

162 Echord (2019) ARSI - Aerial Robot for Sewer Inspection, en http://echord.eu/essential_grid/arsi-aerial-robot-for-sewer-inspection/index.html

163 Williams, A. (2018) Flying High : How Water Is Adopting Drones, en <https://www.waterworld.com/international/utilities/article/16201296/flying-high-how-water-is-adopting-drones>

164 Saad, H., (2016) Water Quality Assessment Using Satellite Remote Sensing, en <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016cosp...41E.801H/abstract>

165 Sheffield, J., et al (2018) Satellite Remote Sensing for Water Resources Management: Potential for Supporting Sustainable Development in Data-Poor Regions, en <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2017WR022437>

5.2. Oportunidades y desafíos

Mientras que los drones pueden generar una infinidad de oportunidades y tener muchísimas aplicaciones potenciales, pueden tener asimismo un impacto disruptivo. Por un lado, la tecnología puede considerarse madura, puesto que en la actualidad existen múltiples modelos para los que hay un mercado definido y creciente. Pero por el otro, su amplia adopción se ve refrenada por la falta o la restricción de los marcos legales y regulatorios.¹⁶⁶

Su adopción en gran escala presentará muchos desafíos relacionados con cuestiones de seguridad nacional, capacitación de sus operadores, pérdida o daño de los equipos, límites de distancia y de capacidad de peso, regulaciones del gobierno, temas relacionados con la privacidad, y limitaciones en cuanto al tiempo para el despliegue. En lo que se refiere en particular a la perspectiva de gobernanza, se deberá hacer frente a los desafíos relacionados con la seguridad, garantías para el mantenimiento, confiabilidad de la tecnología, resiliencia a los ciberataques, y cumplimiento de las normas que rigen el uso de los drones.

El impacto que tendrán sobre el medio ambiente es también tema de debate. Las preocupaciones giran mayormente en torno a la intensificación de los niveles de ruido y vibraciones, como también contaminación lumínica y su efecto tanto sobre los seres humanos como sobre la fauna silvestre¹⁶⁷. En áreas urbanas, el volumen de ruido puede llegar a exceder los límites deseados o incluso legales, una variable que puede pesar sobre el grado de aceptación de esta tecnología por la población.

Asimismo, existe preocupación en torno al consumo de energía, las emisiones, y la sostenibilidad general del transporte basado en drones.¹⁶⁸ El sector de la aviación en general es ya actualmente un importante productor de emisiones de CO₂ a nivel global. Por tanto, la cuestión es si los drones son más eficientes desde un punto de vista energético que los actuales modos de transporte utilizados por ejemplo en el envío de objetos. Su mayor uso también incrementará la demanda de electricidad. Según algunos estudios, la eficiencia energética de los envíos vía drones se ve limitada al transporte de objetos livianos a cortas distancias.¹⁶⁹ Sumado a ello, también se requerirá energía para la infraestructura de apoyo, tal como centros de distribución y almacenamiento o instalaciones para la recarga de baterías. Los investigadores siguen estudiando cuales son las condiciones más eficientes para minimizar el impacto de los drones sobre el medio ambiente.

Por último, en lo concerniente a las condiciones adecuadas para los países en desarrollo, incluso los requerimientos más básicos pueden constituir una barrera para su adopción. Estos requerimientos incluyen el acceso a puntos de recarga eléctrica, la disponibilidad de repuestos, y la existencia de suficiente poder de computación para procesar los datos con el fin de generar mapas, modelos y otros resultados.¹⁷⁰

166 Sandvik, K. (2017) African Drone Stories, Behemoth A Journal on Civilization, 2015, Volume 8, Issue 2, en <https://ssrn.com/abstract=3060768>

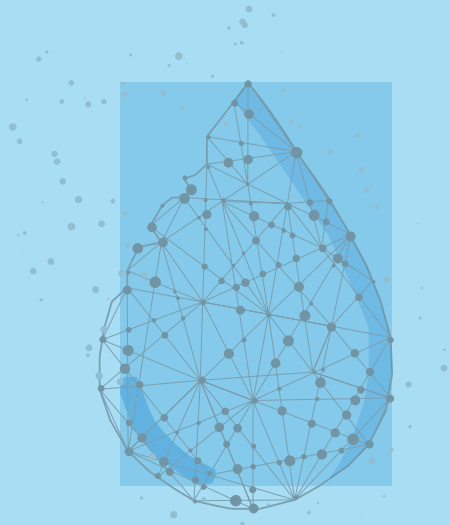
167 Ibid.

168 Ibid.

169 Ibid.

170 Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (2016) Drones for Agriculture. ICT Update, Issue 82, en <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89779>

Realidad virtual y realidad aumentada



6. Realidad virtual y realidad aumentada

La realidad virtual (RV) y la realidad aumentada (RA) tienen el potencial de convertirse en la próxima gran plataforma de la computación, actuando en forma disruptiva en los mercados existentes y creando nuevos mercados. Existen innumerables ejemplos de cómo la RV y la RA pueden cambiar la forma en que hacemos las cosas, conforme la tecnología progresa y los precios se reducen.¹⁷¹ “Virtualidad” se define como la capacidad de un medio para mostrar elementos o mundos virtuales creados por gráficos de computadora o elementos visuales adoptando una perspectiva basada en la experiencia y vivenciada por el usuario a través de la inmersión o telepresencia en el ambiente.¹⁷² Mientras que tanto la RV como la RA facilitan las experiencias inmersivas e interactivas, es importante distinguir entre ambas, ya que poseen diferentes usos, tecnologías y oportunidades de mercado.

La realidad virtual es una ‘interfaz intuitiva’ acoplada a avanzados dispositivos de entrada y salida que permiten a una persona interactuar con una computadora y con datos de una forma realista mediante la generación de experiencias multisensoriales inmersivas e interactivas en tiempo real situadas en y artificialmente inducidas por un ambiente virtual reactivo tridimensional generado por computadora.¹⁷³ Tiene la capacidad de introducir a un usuario en un mundo imaginado o replicado (videojuegos, películas o simulacros de vuelo) o simular la presencia en el mundo real (ver un evento deportivo en vivo). Una vez inmerso en la situación, el usuario puede interactuar con los objetos el ambiente virtual y hacer que las imágenes desplegadas se actualicen para corresponderse con la perspectiva del usuario. Los ambientes virtuales tridimensionales (3D) pueden facilitar el diseño conceptual y la comprensión al ofrecer una vista anticipada de un diseño preliminar y permitir que sea experimentado a plena escala desde la perspectiva del observador. La tecnología de RV ha sido ampliamente utilizada en múltiples campos, tales como entrenamiento médico militar, salud, educación y aplicaciones de ingeniería.¹⁷⁴

La realidad aumentada (RA) es un tópico de investigación sólidamente establecido en el campo de las interacciones entre humanos y computadoras, que recientemente ha concitado renovada atención tras el anuncio por parte de grandes negocios de artículos de IA de comercialización masiva y a bajo costo, un mayor grado de estandarización, y más poder computacional y precisión de los sensores.¹⁷⁵ Al contrario de lo que ocurre con la completa

171 Goldman Sachs Group (2016) Profiles in Innovation: Virtual & Augmented Reality, Understanding the Race for the Next Computing Platform, en <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf>

172 Tom Dieck, M. C., Jung, T. (2019) Augmented Reality and Virtual Reality, en <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-06246-0>

173 Ibid

174 Wu, W., Gao, J. and Chang, K. (2012) ‘Virtual reality simulation system for water supply and distribution network’, Int. J. Computer Applications in Technology, Vol. 45, No. 4, pp.205-213. https://www.researchgate.net/publication/262312728_Virtual_reality_simulation_system_for_water_supply_and_distribution_network

175 Chen, J. Y. C., Fragomeni, G. (2019) Virtual, Augmented and Mixed Reality. Multimodal Interaction, en <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-21607-8>

inmersión en la RV, las aplicaciones de RA se basan en la capacidad de una cámara de captar datos del mundo real y combinar la información procedente de fuentes reales y virtuales, ofreciendo de ese modo una versión aumentada de nuestra realidad existente mediante la añadidura de una capa extra de información digital en forma tal que ambas parecen conformar una unidad consistente.¹⁷⁶

La maduración de las tecnologías de RV y RA presagia un cambio fundamental, desde Internet de la información hacia Internet de las experiencias, en el que estas últimas reemplazan a la información como el elemento fundamental.¹⁷⁷ En su informe de 2016, Goldman Sachs predijo que la industria alcanzaría un valor de US\$ 80.000 millones al año (US\$ 35.000 millones en software y US\$ 45.000 millones en hardware) para 2025. La mayor parte de sus actuales aplicaciones están asociadas con los mercados de bienes de consumo, en la medida en que la simulación de productos, sonidos, datos de GPS y riqueza de los medios contribuyen a agregar valor experiencial, permitiendo a los consumidores interactuar con los productos virtuales. Sin embargo, el potencial de la RV y la RA es extremadamente diverso y se extiende mucho más allá del ámbito del consumidor. Según Goldman Sachs, casi la mitad de los ingresos de la industria serán generados por los sectores empresarial y público, con el cuidado de la salud y la ingeniería como las áreas más promisoras de uso.¹⁷⁸

Las propiedades inmersivas de la RA también han hallado un lugar en la industria del agua. Esto puede verse por ejemplo en el proyecto “Augmented Facility Management” desarrollado por el departamento de O&M de ACCIONA Agua en la planta de tratamiento de agua de La Almunia de Doña Godina en Zaragoza, España. Al conjugar la realidad virtual y realidad aumentada, este proyecto utiliza tecnologías nunca antes aplicadas en el proceso de tratamiento de aguas. La RA y la RV se han convertido en herramientas ideales para el aprendizaje y capacitación del personal involucrado en la operación y mantenimiento de dichas plantas. El contexto de entrenamiento permite a los empleados realizar una inmersión virtual en las instalaciones y de ese modo familiarizarse con las tareas cotidianas de operación y conocer de primera mano las características de la planta sin necesidad de visitarla físicamente.¹⁷⁹

6.1. Estudios de casos

La disponibilidad de datos continúa creciendo en muchas partes del mundo. Al mismo tiempo, ‘Big Data’ puede tornarse tan complejo que se vuelve difícil de procesar y analizar, lo que a su vez plantea la necesidad de implementar métodos de visualización para integrar información compleja y al mismo tiempo filtrar datos significativos para alguna necesidad específica.¹⁸⁰ La RV y la RA pueden emplearse como interfaces de uso fácil para permitir a empleados y especialistas comprender la información y tomar decisiones más acertadas.

176 Tom Dieck, M. C., Jung, T. (2019) Augmented Reality and Virtual Reality, en <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-06246-0>
177 Ibid

178 Goldman Sachs Group (2016) Profiles in Innovation: Virtual & Augmented Reality, Understanding the Race for the Next Computing Platform, en <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf>

179 Acciona (2017) Augmented Reality, An Ally in Water Treatment Processes, en <https://www.acciona-agua.com/pressroom/in-depth/2017/july/augmented-reality-an-ally-in-water-treatment-processes/>

180 Mannschatz, T., et al (2015) Visualization of Water Services in Africa: Data Applications for Nexus Governance, en https://www.researchgate.net/publication/268515148_Visualization_of_Water_Services_in_Africa_Data_Applications_for_Nexus_Governance

Las redes de distribución de agua (RDA) podrían beneficiarse sustancialmente con estas innovaciones. Las RDA son redes complejas de múltiples fuentes de agua y plantas de tratamiento que incluyen segmentos de cañerías, nodos, fuentes de agua, cisternas, estaciones de bombeo y válvulas.¹⁸¹ Tal como lo planteó Loucks (2012), toda persona actualmente involucrada de alguna manera con la planificación y manejo del agua está seguramente expuesta a, y posiblemente asistida por, modelos computacionales. La simulación del suministro y distribución del agua se utiliza para visualizar toda la información de los sistemas de distribución y para modelar los escenarios de operación hídrica desde las fuentes de agua hasta los usuarios finales. Los encargados de la modelación necesitan entregar a los planificadores y gerentes información sólida, comprensible, útil, precisa y oportuna para ayudarlos a comprender mejor su sistema, sus problemas, y las formas alternativas de hacerles frente.¹⁸²

Sin embargo, los sistemas tradicionales de simulación de RDA visualizan los resultados mediante plataformas bidimensionales, texto y tablas que no son de fácil comprensión para quien no tiene un conocimiento profesional y experiencia en sistemas de distribución de agua. Nuestros métodos y aptitudes de modelización siguen siendo limitados en comparación con los múltiples procesos interdependientes físicos, bioquímicos, ecológicos, sociales, legales y políticos que gobiernan el desempeño de los sistemas de recursos hídricos.¹⁸³ Dado que los datos puros no significan nada fuera de contexto, es necesaria una técnica apropiada de visualización para auxiliar a gerentes y otros encargados de tema de decisiones.¹⁸⁴

Las tecnologías de RV y de RA pueden de ese modo combinarse con simulaciones de avanzada para definir acciones recomendadas, consecuencias esperadas, personal a cargo y estimación de costos. Las modernas técnicas de visualización geoespacial que son apropiadas para los responsables de la toma de decisiones deberían utilizar infraestructura totalmente automatizada que puede vincular datos a visualizaciones interactivas. Por tanto, ese marco debería permitir el despliegue de datos, ya sea históricos, obtenidos por sensores ambientales, o los resultados de modelos que deben ser agregados continuamente tanto en forma manual como automática por sensores o datos de teléfonos móviles.¹⁸⁵

Asimismo, también puede obtener información de otras fuentes online, todas ellas compiladas en una gran cantidad de datos físicos, ambientales, ecológicos, económicos y sociales indexados espacial o temporalmente, que son necesarios para prácticamente cualquier tipo de análisis.¹⁸⁶ Por ejemplo, una aplicación brasileña de crowdsourcing denominada “Sem Dengue-Sin Zika” crea un mapa virtual que ayuda a las autoridades relevantes a combatir el Zika más eficientemente e informa a los usuarios a qué centros de salud pueden acudir. Esta aplicación permite a la población informar sobre áreas de potencial reproducción del mosquito *Aedes aegypti* mediante fotos y geolocalización, permitiendo a las autoridades y organismos relevantes actuar con premura.¹⁸⁷

Wu, Gao y Chang (2012) desarrollaron un sistema de simulación de escenarios para Redes de Distribución de Agua con un conjunto de herramientas integrado EPANET¹⁸⁸ para aumentar

181 Wu, W., et al (2012) Virtual Reality Simulation System for Water Supply and Distribution Network, en https://www.researchgate.net/publication/262312728_Virtual_reality_simulation_system_for_water_supply_and_distribution_network

182 Loucks, D. P. (2019) Water Resource Management Modeling in 2050, en <https://ascilibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784412077.ch36>

183 Ibid

184 Chai, C. (2009) X3D-Based Virtual Reality Experiences in Water Museum Exhibitions, en <https://ieeexplore.ieee.org/document/5166858>

185 Mastrangelo, P. (2018) Water and Sanitation: Innovations You Didn't Know Were From Latin America and the Caribbean, en <https://publications.iadb.org/en/water-and-sanitation-innovations-you-didnt-know-where-latin-america-and-caribbean>;

Mannschatz, T., et al (2015) Visualization of Water Services in Africa: Data Applications for Nexus Governance, en https://www.researchgate.net/publication/268515148_Visualization_of_Water_Services_in_Africa_Data_Applications_for_Nexus_Governance

186 <https://ieeexplore.ieee.org/document/5166858>

187 BID (2016) Beating Zika Through Crowdsourcing, en <https://blogs.iadb.org/agua/en/3953/>

188 “EPANET es una aplicación de software utilizada en todo el mundo para la modelización de sistemas de distribución de agua. Fue desarrollado por la Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos (EPA) como una herramienta para comprender el movimiento y destino de las partes constitutivas dentro de los sistemas de distribución, y puede usarse para muchos tipos diferentes de aplicaciones en el análisis de sistemas de distribución”. Fuente: <https://www.epa.gov/water-research/epanet>

el desempeño y mejorar los servicios de las empresas de agua y al mismo tiempo ayudarlas a reducir los costos operativos. Su estudio de caso integró un sistema de simulación de RV con modelos hidráulicos y de calidad de agua, permitiendo la generación de operación de RDA en tiempo real. A través de todo el sistema, los usuarios pueden visualizar un escenario hidráulico dinámico y cambiante en ambientes virtuales tridimensionales y realizar operaciones tales como la modificación de los programas de las bombas, realizar una simulación por períodos extendidos, o reunir información sobre consumo de energía de las bombas, niveles en las cisternas, caudal de flujo en las cañerías, velocidad y presión. Este concepto también podría extenderse potencialmente para combinarse con otros modelos relacionados con sistemas urbanos de agua, tales como los que se ocupan de pérdidas o modelos de rehabilitación para ayudar a las empresas de agua a comprender la complejidad de los sistemas hídricos urbanos y guiar sus operaciones de rutina, además de proveer capacitación al personal.¹⁸⁹

Una idea similar ha sido aplicada por la empresa francesa Schneider Electric para su producto EcoStruxure Augmented Operator Advisor. Schneider utiliza RA para aportar información contextual y visiones útiles a los operarios de mantenimiento mediante la fusión de objetos físicos de la vida real con objetos virtuales.¹⁹⁰ Dichos objetos se vinculan a bases de datos que contienen manuales digitalizados, información del proceso, guías para la resolución de problemas, y otros datos que pueden aumentar la eficiencia y reducir los costos de mantenimiento. Con el uso de este software, los técnicos de las plantas de tratamiento de aguas pueden apuntar un teléfono inteligente o una tablet a un área específica, instrumento o bomba y obtener datos en tiempo real tales como volumen y caudal u otra información crítica para un efectivo mantenimiento de los sistemas. Ese acceso instantáneo a información crítica reduce los tiempos de respuesta al permitir al especialista diagnosticar problemas en forma inmediata ya sea in situ o en forma remota basándose en la información que le aparece en el dispositivo móvil. Esto, a su vez, disminuye el consumo de energía (al detectar las ineficiencias), limita la posibilidad de error humano, y disminuye los costos generales de mantenimiento.¹⁹¹

La RV y la RA también pueden servir para mejorar las técnicas de visualización geoespacial que utilizan los responsables de la toma de decisiones. La selección del tipo de visualización ha tenido una fuerte influencia sobre el usuario y debe ser hecha cuidadosamente. Los mismos datos pueden producir diferentes tipos de visualización y estos, a su vez, transmitir diferente información al usuario. Los sistemas modernos de información geográfica virtual deberían permitir que los datos se agreguen en forma continua, ya sea manual o automáticamente por medio de sensores o de teléfonos móviles.¹⁹² En este sentido, la población en general también puede contribuir a recaudar datos: los medios sociales, combinados con los dispositivos móviles, favorecen la recolección de contenidos geolocalizados generados por los usuarios en aplicaciones relacionadas con la información espacial, en lo que se conoce como Sistemas de Información Geográfica por Voluntarios (SIGV), en los que la gente común ayuda a ampliar, actualizar o complementar las bases de datos geoespaciales existentes.¹⁹³

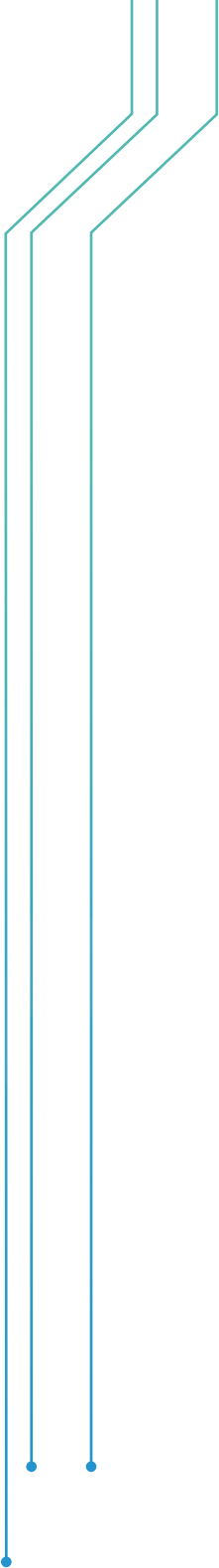
189 Wu, W., et al (2012) Virtual Reality Simulation System for Water Supply and Distribution Network, en https://www.researchgate.net/publication/262312728_Virtual_reality_simulation_system_for_water_supply_and_distribution_network

190 <https://www.se.com/th/en/work/services/field-services/industrial-automation/performance-optimization-services/ecostruxure-augmented-operator-advisor.jsp>

191 Schneider Electric (2019) New Perspectives on IT and OT System Integration for the Water Industry, en <https://www.schneider-electric.com/en/download/document/998-20619554/>

192 Mannschatz, T., et al (2015) Visualization of Water Services in Africa: Data Applications for Nexus Governance, en https://www.researchgate.net/publication/268515148_Visualization_of_Water_Services_in_Africa_Data_Applications_for_Nexus_Governance

193 Mongelli, A., et al (2016) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, en <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-40621-3>



Este principio ha sido aplicado por SnowWatch, una aplicación móvil de RA para la anotación automática de picos montañosos a los que el usuario se aproxima, aportándole metadatos geográficos (nombre del pico, altitud, distancia del usuario, etc.). SnowWatch utiliza un

algoritmo de realidad aumentada basada en contenido que toma información tanto de la posición como de la orientación del dispositivo del usuario y del contenido que se visualiza en la pantalla. La metadata empleada para generar realidad aumentada surge del Digital Elevation Model (DEM), que es una representación en 3D que la superficie terrestre. Si bien su principal objetivo es fomentar el turismo, el proyecto también se propone producir un repositorio de imágenes montañosas anotadas para contribuir a la investigación ambiental. Mediante esta plataforma, los investigadores han utilizado imágenes tomadas por cámaras web de turistas y otros usuarios y han extraído información sobre la nieve, lo que les permite un mejor manejo de problemas relacionados con la gestión del agua en los que la nieve es un factor determinante. Este concepto se ha puesto a prueba en el Lago Como, un lago regulado del norte de Italia, con un régimen hidro-meteorológico alpino caracterizado por la abundancia de agua a fines de la primavera y en el otoño debido a las lluvias y el derretimiento de las nieves. Los experimentos preliminares demostraron que la información sobre la nieve extraída de una sola toma con una cámara web en la cuenca de captación del lago puede servir para identificar puntos de acción con resultados comparables a los que figuran en el boletín oficial sobre datos de la nieve.¹⁹⁴

La RV y la RA pueden asimismo desempeñar un papel preponderante en las comunidades locales, ofreciendo formas de comunicar ideas, aptitudes y conocimiento visualmente de una forma que supere las barreras de instrucción que tantas veces se interponen como obstáculos en programas de educación y capacitación.¹⁹⁵ Vivos mensajes que utilizan fuertes imágenes relacionadas con los sentidos pueden permitir al cerebro asimilar y procesar información en forma más eficiente, tornando representaciones abstractas en algo concreto, e influyendo sobre la capacidad o motivación de las personas para revisar cuidadosamente la información, lo que permite un mayor grado de elaboración cognitiva.¹⁹⁶ En un reciente proyecto piloto, se desarrolló una aplicación de entrenamiento con RV para abordar el tema del saneamiento del agua en zonas rurales para un Telecentro Multipropósito Comunitario en Nakaseke, Uganda. El 60 % de la población de Nakaseke es funcionalmente iletrada, y por tanto no puede acceder a las herramientas e instalaciones modernas tales como computadoras y bibliotecas, que mayormente ofrecen información y aplicaciones basadas en texto. Entonces, se desarrolló un modelo de RV utilizando el ambiente de la comunidad local

194 Ibid

195 Lockwood, D. (2010) Virtual Reality in Africa, en <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/digc.13.1.3.3214>

196 Bailey, J., et al (2014) The Impact of Vivid Messages on Reducing Energy Consumption Related to Hot Water Use, en https://www.researchgate.net/publication/276089761_The_Impact_of_Vivid_Messages_on_Reducing_Energy_Consumption_Related_to_Hot_Water_Use

para encarar cuestiones básicas relacionadas con enfermedades de transmisión por el agua, con énfasis en los componentes audiovisuales para transmitir el mensaje.¹⁹⁷

En forma similar, el Instituto Trata Brasil, en sociedad con la Companhia de Saneamento do Paraná (SANPAR), utilizó RA para instruir a los niños sobre acceso a los servicios de agua y saneamiento durante una exhibición de tres meses en Curitiba, Brasil.¹⁹⁸ Por su parte, WATERisLIFE, Ntropic+ Tactic y Ray Tintori de la empresa Mssngpeces crearon la campaña de marketing llamada The Hidden Dangers (Los Peligros Ocultos) para educar a los niños de Tailandia sobre los peligros ocultos del agua contaminada y para mostrarles, mediante el uso de una plataforma de RV, cómo pueden filtrar el agua para que sea segura de consumir.¹⁹⁹

La creciente demanda de profesionales con sólida formación y experiencia en la gestión del agua potable y residual ha generado preocupación respecto de que el aula tradicional o el método de aprendizaje mediante la práctica pueden no ser suficientes. Estas insuficiencias surgen de la gran cantidad de temas que es necesario cubrir, de los riesgos del entrenamiento en un ambiente real, y del tiempo que requiere reunir la experiencia necesaria. Para contribuir a aliviar estas crecientes preocupaciones, Festo Didactic y EON Reality crearon un simulador de Realidad Virtual de Agua Potable y Residual, que incluye varios escenarios en los que los usuarios pueden interactuar virtualmente con una planta de tratamiento de agua, operar maquinaria, y llevar a cabo procedimientos de emergencia.²⁰⁰

Una nueva experiencia de realidad aumentada denominada Clean Seas (Mares Limpios) creada por MeshMinds, un estudio de tecnología creativa de Singapur, permite a las audiencias sumergirse en el desafío de atacar el problema de la contaminación de los mares con residuos. Trabajando en conjunto con el Programa Ambiental de las Naciones Unidas (UNEP) y el artista de Singapur André Wee, MeshMinds creó un océano virtual plagado de criaturas marinas hechas con residuos plásticos. Mediante una simple interacción, las personas pueden limpiar el océano y asumir un compromiso social que pueden compartir fácilmente online.²⁰¹

197 Lockwood, D. (2010) Virtual Reality in Africa, en <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/digc.13.1.3.3214>

198 <http://www.tratabrasil.org.br/comunicacao/acoes-do-trata-brasil/exposicao-pastoral-da-crianca>

199 Singletary, C. (2017) Hidden Dangers Uses VR to Raise Awareness on Clean Water Shortage, en <https://uploadvr.com/hidden-dangers-uses-vr-raise-awareness-clean-water-shortage/>

200 <https://www.eonreality.com/portfolio-items/virtual-reality-training-platform/>

201 Programa Ambiental de la ONU (2019) New #CleanSeas Augmented Reality Experience Merges the Real World and the Virtual, en <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/new-cleanseas-augmented-reality-experience-merges-real-world-and-virtual>

6.2. Oportunidades y desafíos

Oportunidades

El uso de la RV ha demostrado ser confiable para: el acceso temprano de las partes interesadas a información significativa sobre un proyecto; la reducción de costos, al no requerir la construcción o uso de versiones del 'mundo real' de modelizaciones; una mayor disponibilidad frente a los limitados recursos físicos, lo que permite más oportunidades de experimentar y actuar en un ambiente simulado; mayor seguridad, al proveer ambientes e interacciones altamente realistas sin riesgos físicos; y proveer consistencia de simulación y capacitación para todos los usuarios.

Desafíos

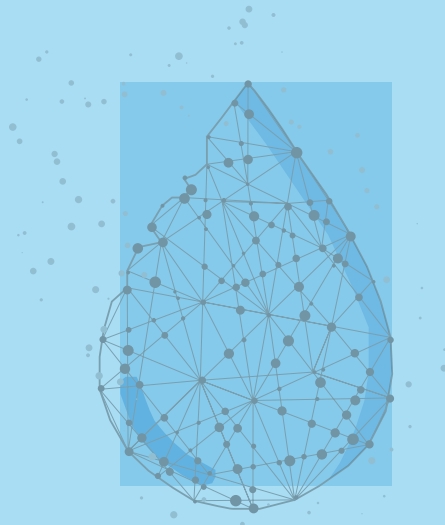
Un importante obstáculo para la implementación de la RV es el alto costo de la tecnología. Esto se debe al precio elevado de la producción de elementos de RV y al hecho de que muchas compañías tienen un virtual monopolio, con muy baja competencia en el mercado. En lo que hace al sector del agua, la RV ha demostrado ser aún más costosa, dado que la visualización y la simulación de plantas de agua requieren amplio uso de software integrado, como el SIG, diseños por computadora, datos de multimedios, y técnicas de RV basadas en la web.²⁰²

Pero el alto costo no es el único obstáculo que la RV tiene que superar para estar disponible en gran escala. Por ejemplo, aún se desconoce qué efectos sobre la salud podría tener el uso de esta tecnología. Sin embargo, lo que sí sabemos es que ha habido efectos secundarios temporarios, tales como visión borrosa, náusea, dolores de cabeza y ansiedad por el uso excesivo de equipos de RV.²⁰³

202 Jamei, E., et al (2017) Investigating the Role of Virtual Reality in Planning for Sustainable Smart Cities, en https://www.researchgate.net/publication/320788938_Investigating_the_Role_of_Virtual_Reality_in_Planning_for_Sustainable_Smart_Cities

203 Wolwort, K. (2019) 5 Major Challenges for the VR Industry, en <https://channels.theinnovationenterprise.com/articles/5-major-challenges-of-vr-industry>

Anexo



ANEXO 1: ODS 6 Objetivos e Indicadores

ODS 6: Garantizar la disponibilidad y gestión sostenible de agua y saneamiento para todos	
Objetivos	Indicadores
6.1	<p>De aquí a 2030, lograr el acceso universal y equitativo al agua potable a un precio asequible para todos.</p> <p>Agua potable (6.1.1): Se considera servicio de agua potable gestionado de manera segura a toda fuente de agua potable mejorada que se encuentre in situ y esté disponible cuando sea necesaria, libre de contaminación fecal y de sustancias químicas prioritarias. Entre las fuentes de agua mejorada se encuentran el agua corriente, pozos entubados o perforados, pozos excavados cubiertos, fuentes naturales protegidas y agua empaquetada o suministrada.</p>
6.2	<p>De aquí a 2030, lograr el acceso a servicios de saneamiento e higiene adecuados y equitativos para todos y poner fin a la defecación al aire libre, prestando especial atención a las necesidades de las mujeres y las niñas y las personas en situaciones de vulnerabilidad.</p> <p>Saneamiento (6.2.1a): Se considera servicio de saneamiento gestionado de manera segura a toda instalación sanitaria mejorada que no sea compartida con otra vivienda y de la que los excrementos sean eliminados de manera segura en el mismo sitio o transportados y tratados en otro lugar. Entre las instalaciones de saneamiento mejoradas se encuentran los retretes con descarga o sifón a sistemas de alcantarillado entubado, tanque séptico o letrina de pozo, letrina de pozo ventilado mejorada, inodoro de compostaje o letrina de pozo con losa.</p>
	<p>Higiene (6.2.1b)*: Se considera una instalación básica de lavado de manos a toda instalación que cuente con jabón y agua disponible en el establecimiento. Las instalaciones de lavado de manos pueden ser fijas o móviles e incluir un lavabo con agua corriente, cubetas con tapa, “tippy taps” (bidón con un pequeño orificio por el que se vuelca agua) y tinajas o recipientes destinados al lavado de manos. Los jabones pueden ser en barra, líquidos, detergentes en polvo y otras formas de agua jabonosa pero no incluyen cenizas, tierra u otros agentes para el lavado de manos.</p>
6.3	<p>De aquí a 2030, mejorar la calidad del agua reduciendo la contaminación, eliminando el vertimiento y minimizando la emisión de productos químicos y materiales peligrosos, reduciendo a la mitad el porcentaje de aguas residuales sin tratar y aumentando considerablemente el reciclado y la reutilización sin riesgos a nivel mundial.</p> <p>Tratamiento de aguas residuales (6.3.1): Las viviendas y actividades económicas producen aguas residuales tanto en forma de aguas cloacales como de lodo fecal. “Tratadas de manera segura” significa que dichas aguas residuales han sido lo suficiente tratadas para su destino previsto (por ejemplo, lago, río, océano o suelo) o para su uso subsiguiente (por ejemplo, en agricultura).</p>
	<p>Calidad del agua (6.3.2): Para calcular la calidad general del agua a temperatura ambiente se utilizan cinco parámetros en el caso de cuerpos de agua superficiales y tres para los cuerpos de aguas subterráneas. Estos revelan significativos agentes de deterioro del agua en gran parte del mundo. En el caso de las aguas superficiales, estos parámetros son: el oxígeno disuelto, la conductividad eléctrica, el nitrógeno, el fósforo y el pH. En el caso de las aguas subterráneas: la conductividad eléctrica, el nitrato y el pH.</p>

6.4	De aquí a 2030, aumentar considerablemente el uso eficiente de los recursos hídricos en todos los sectores y asegurar la sostenibilidad de la extracción y el abastecimiento de agua dulce para hacer frente a la escasez de agua y reducir considerablemente el número de personas que sufren falta de agua.	<p>Eficiencia del uso de agua (6.4.1): La eficiencia del uso de agua se define como el valor agregado en dólares americanos (US\$) por volumen de agua extraído en metros cúbicos, para una actividad económica determinada. Algunos sectores, por ejemplo agrícola, industrial, eléctrico y suministro de agua municipal, son particularmente relevantes dados sus elevados niveles de consumo de agua.</p> <p>Escasez de agua (6.4.2): El nivel de escasez de agua se define como la relación entre la extracción total de agua, sumada entre todas las actividades económicas, y la cantidad de recursos hídricos potables disponibles, considerando los flujos del caudal ambiental. La disponibilidad para cubrir los requerimientos del caudal ambiental resulta esencial para preservar la salud y resiliencia de los ecosistemas.</p>
6.5	De aquí a 2030, implementar la gestión integrada de los recursos hídricos a todos los niveles, incluso mediante la cooperación transfronteriza, según proceda.	<p>Gestión integrada de recursos hídricos (6.5.1): El grado en que se ha implementado la gestión integrada de los recursos hídricos (GIRH) se evalúa siguiendo cuatro componentes clave: ambiente propicio, instituciones y participación, instrumentos de gestión y financiamiento.</p> <p>Cooperación hídrica transfronteriza (6.5.2): Un acuerdo para la cooperación hídrica es un tratado, convenio u otro acuerdo formal bilateral o multilateral entre países ribereños que brinda un marco para la cooperación transfronteriza de gestión de agua. Los criterios para considerar que un acuerdo es “operacional” incluyen: la existencia de un ente conjunto, comunicación regular y formal entre países ribereños, planes o metas de gestión conjunta o coordinada y un intercambio habitual de datos e información.</p>
6.6	De aquí a 2020, proteger y restablecer los ecosistemas relacionados con el agua, incluidos los bosques, las montañas, los humedales, los ríos, los acuíferos y los lagos.	Ecosistemas relacionados con el agua (6.6.1): Diferencias en la extensión de ecosistemas relacionados con el agua a lo largo del tiempo, incluyendo datos acerca de la superficie los mismos y la cantidad y calidad de su agua. Actualmente se puede obtener información sobre la extensión de los ecosistemas relacionados con el agua, más específicamente lagos, ríos y estuarios, mediante datos satelitales.
6.A	De aquí a 2030, ampliar la cooperación internacional y el apoyo prestado a los países en desarrollo para la creación de capacidad en actividades y programas relativos al agua y el saneamiento, como los de captación de agua, desalinización, uso eficiente de los recursos hídricos, tratamiento de aguas residuales, reciclado y tecnologías de reutilización.	Cooperación internacional (6.a.1): Este indicador mide la ayuda oficial al desarrollo (AOD) relacionada con el agua y saneamiento dentro del plan de gasto público de un gobierno. El plan de gasto público de un gobierno es un plan de financiamiento/presupuesto nacional o subnacional, que evalúa claramente los recursos financieros disponibles y estrategias de financiamiento para necesidades futuras.
6.B	Apoyar y fortalecer la participación de las comunidades locales en la mejora de la gestión del agua y el saneamiento.	Colaboración de las partes interesadas (6.b.1): Este término se refiere a la existencia de procedimientos definidos por leyes o normas sobre la participación de comunidades locales en la planificación de agua y saneamiento, así como el alcance de dicha participación.

<https://sustainabledevelopment.un.org/sdg6>
<http://dataportal.unwater2.rw1.co.za/>

* Esto aparece en este portal con datos de la ONU, pero no en otras fuentes de la ONU

Referencias

- Acciona (2017) Augmented Reality, An Ally in Water Treatment Processes, en <https://www.acciona-agua.com/pressroom/in-depth/2017/july/augmented-reality-an-ally-in-water-treatment-processes/>
- Alanen, P., (2019) How Artificial Intelligence is Transforming the Water Sector: Case Ramboll, en <https://silo.ai/how-artificial-intelligence-is-transforming-the-water-sector-case-ramboll/>
- Andres, L., et al (2018) A Review of In-Situ and Remote Sensing Technologies to Monitor Water and Sanitation Interventions, en <https://www.mdpi.com/2073-4441/10/6/756/pdf>
- Anzilotti, E. (2017) The Quest To Use Big Data and Community Toilets to Create a Model for Building Urban Sanitation, en <https://www.fastcompany.com/40466766/the-quest-to-use-big-data-and-community-toilets-to-create-a-model-for-building-urban-sanitation>
- Aquatech (2019) Drones Reduce Water Quality Sampling Costs in Auckland, New Zealand, en <https://smartwatermagazine.com/news/aquatech/drones-reduce-water-quality-sampling-costs-auckland-new-zealand>
- Bailey, J., et al (2014) The Impact of Vivid Messages on Reducing Energy Consumption Related to Hot Water Use, en https://www.researchgate.net/publication/276089761_The_Impact_of_Vivid_Messages_on_Reducing_Energy_Consumption_Related_to_Hot_Water_Use
- Banco Mundial (2015) Latin America: A Thirsty Region With Abundant Water Sources, en <https://www.worldbank.org/en/news/feature/2015/03/20/america-latina-tener-abundantes-fuentes-de-agua-no-es-suficiente-para-calmar-su-sed>
- Banco Mundial (2018) Blockchain & Distributed Ledger Technology (DLT), en <https://www.worldbank.org/en/topic/financialsector/brief/blockchain-dlt>
- Baskovich, M., Arias Uijtewaal, B. F. (2018) Sneak Peek: A New Observatory for Water and Sanitation in Latin America and the Caribbean, en <https://blogs.worldbank.org/water/sneak-peek-new-observatory-water-and-sanitation-latin-america-and-caribbean>
- Bauerle, N. (2019) How Does Blockchain Technology Work?, en <https://www.coindesk.com/information/how-does-blockchain-technology-work>
- Bellias, M. (2017) IoT for Water Utilities, en <https://www.ibm.com/blogs/internet-of-things/iot-for-water-utilities/>
- Bertomeu-Sanches, S., et al (2018) Water and Sanitation in Latin America and the Caribbean: An Update on the State of the Sector, en <https://cadmus.eui.eu/handle/1814/52205>
- BID (2016) Beating Zika Through Crowdsourcing, en <https://blogs.iadb.org/agua/en/3953/>
- BID (2017) Why Business as Usual Will Not Achieve SDG6 in LAC The Promise of Wastewater Reuse, Green Infrastructure and Small Business Around WASH Conclusions from World Water Week 2016, en <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Why-Business-as-Usual-Will-Not-Achieve-SDG6-in-LAC-The-Promise-of-Wastewater-Reuse-Green-Infrastructure-and-Small-Business-around-WASH-Conclusions-from-World-Water-Week-2016.pdf>

- Bloomberg, J. (2018) Don't Let Blockchain Cost Savings Hype Fool You, en <https://www.forbes.com/sites/jasonbloomberg/2018/02/24/dont-let-blockchain-cost-savings-hype-fool-you/>
- Brears, R. (2019) Smart Water, Smart Metering, en <https://smartwatermagazine.com/blogs/robert-brears/smart-water-smart-metering>
- Calver, O. (2019) Water Trading in Minutes with Blockchain, en <https://www.theland.com.au/story/6274260/blockchain-in-the-pipeline/>
- Chai, C. (2009) X3D-Based Virtual Reality Experiences in Water Museum Exhibitions, en <https://ieeexplore.ieee.org/document/5166858>
- Chen, J. Y. C., Fragomeni, G. (2019) Virtual, Augmented and Mixed Reality. Multimodal Interaction, en <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-21607-8>
- Citi GPS, Digital Disruption (2016) How FinTech is Forcing Banking to a Tipping Point, en <http://www.disruptivefinance.co.uk/2016/04/01/how-fintech-is-forcing-banking-to-a-tipping-point-citi-report/>
- Coetzee, W., et al (2013) Making 5G a Reality for Africa, at Lockwood, D. (2010) Virtual Reality in Africa, en <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/digc.13.1.3.3214>
- Dausa et al., IDB (2019) Blockchain for Microfinance, A Study & Pilot in the Water and Sanitation Sector
- Dawei, F. (2018) AI and IoT Technology Help Boost Water Quality in China, en <https://www.ibm.com/blogs/client-voices/ai-and-iot-help-boost-water-quality-in-china/>
- Deloitte (2016) Blockchain Enigma. Paradox. Opportunity, en <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/uk/Documents/Innovation/deloitte-uk-blockchain-key-challenges.pdf>
- Dlodlo, N., Mofolo, M., Kagarura, G. M. (2012) Potential applications of the Internet of Things in sustainable rural development in South Africa, en https://www.researchgate.net/publication/258446246_Potential_applications_of_the_Internet_of_Things_in_sustainable_rural_development_in_South_Africa
- Echord (2019) ARSI - Aerial Robot for Sewer Inspection, en http://echord.eu/essential_grid/arsi-aerial-robot-for-sewer-inspection/index.html
- Elsevier (2018) Artificial Intelligence: How Knowledge is Created, Transferred, and Used. Trends in China, Europe, and the United States, en <https://www.elsevier.com/?a=827872>
- Erena, M., et al (2019) Use of Drones for the Topo-Bathymetric Monitoring of the Reservoirs of the Segura River Basin, en <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/3/445>
- Foro Económico Mundial (2018) Harnessing Artificial Intelligence for the Earth, en http://www3.weforum.org/docs/Harnessing_Artificial_Intelligence_for_the_Earth_report_2018.pdf
- Foro Económico Mundial (2019) The Global Risks Report 2019, en <https://www.weforum.org/reports/the-global-risks-report-2019>
- Frankson, L. (2015) Big Data Analytics for Better Management of Water Networks, en <https://infrastructurenews.co.za/2015/09/07/big-data-analytics-for-better-management-of-water-networks/>

- Goldman Sachs Group (2016) Profiles in Innovation: Virtual & Augmented Reality, Understanding the Race for Next Computing Platform, en <https://www.goldmansachs.com/insights/pages/technology-driving-innovation-folder/virtual-and-augmented-reality/report.pdf>
- GSMA (2017) Smart Water, A Guide to Ensuring a Successful Mobile IoT Deployment, en https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2018/01/miot_smart_water_01_18.pdf
- GSMA (2017) Valencia - Internet of Things Case Study, en https://www.gsma.com/iot/wp-content/uploads/2017/10/iot_omnium_10_17.pdf
- Gupta, A., et al (2015) Smart Metering Systems Market to Exceed \$21bn by 2024, en <https://www.gminsights.com/pressrelease/smart-metering-systems-market>
- Harvell, E. (2018) The Internet of Things and the Water World, en <http://efc.web.unc.edu/2018/08/24/the-internet-of-things-and-the-water-world/>
- Huneeus Guzmán, C. (2019) Digital Water Transformation: The Promise of Artificial Intelligence, en <https://medium.com/datadriveninvestor/digital-water-transformation-the-promise-of-artificial-intelligence-7d88fb07e79b>
- IQUII (2017) Artificial Intelligence: The Current Market, Technology, and the Most Promising Applications for Companies, en <https://medium.com/iquii/artificial-intelligence-the-current-market-technology-and-the-most-promising-applications-for-1717e680040b>
- IWT (2017) Innovative Wastewater Sensor for Improved Monitoring of Anaerobic Digestion Systems, en <https://www.islandwatertech.com/real-time-sensor-for-improved-anaerobic-digestion-performance/>
- Jamei, E., et al (2017) Investigating the Role of Virtual Reality in Planning for Sustainable Smart Cities, en https://www.researchgate.net/publication/320788938_Investigating_the_Role_of_Virtual_Reality_in_Planning_for_Sustainable_Smart_Cities
- James, A. (2011) The U.S. Wastes 7 Billion Gallons of Drinking Water a Day: Can Innovation Help Solve the Problem? <https://thinkprogress.org/the-u-s-wastes-7-billion-gallons-of-drinking-water-a-day-can-innovation-help-solve-the-problem-f7877d6e3574/>
- Jorisch, D., et al (2018) Technology for Climate Action in Latin America and the Caribbean: How ICT Mobile Solutions Contribute to a Sustainable, Low-Carbon Future, en <https://globalewaste.org/wp-content/uploads/2018/11/Technology-for-Climate-Action-in-Latin-America-and-the-Caribbean.pdf>
- Kaplan, A., Haenlein, M. (2018) Siri, Siri in my Hand, who's the Fairest in the Land? On the Interpretations, Illustrations and Implications of Artificial Intelligence, en <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007681318301393>
- Karmous-Edwards, G., Sarni, W. (2018) How Digital Technology Can Be the Fundamental Agent of Change in the Modernization of Global Water Infrastructure, en <https://waterfm.com/water-utility-digital-world/>
- Kotzé, P., Coetzee, L., Opportunities for the Internet of Things in the Water, Sanitation and Hygiene Domain, en https://link.springer.com/chapter/10.1007%2F978-3-030-15651-0_16
- Lockwood, D. (2010) Virtual Reality in Africa, en <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1076/digc.13.1.3.3214>
- Loucks, D. P. (2019) Water Resource Management Modeling in 2050, en <https://ascelibrary.org/doi/pdf/10.1061/9780784412077.ch36>

- Maarof, A. (2015). Big data and the 2030 agenda for sustainable development, en https://www.unescap.org/sites/default/files/1_Big%20Data%202030%20Agenda_stock-taking%20report_25.01.16.pdf; UN Global Pulse (May 2012) Big Data for Development: Challenges and Opportunities, en <http://www.unglobalpulse.org/sites/default/files/BigDataforDevelopment-UNGlobalPulseJune2012.pdf>
- Mainelli, M., Smith, M. (2015) Sharing Ledgers for Sharing Economies: An Exploration of Mutual Distributed Ledgers (Aka Blockchain Technology), en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3083963
- Mannschatz, T., et al (2015) Visualization of Water Services in Africa: Data Applications for Nexus Governance, en https://www.researchgate.net/publication/268515148_Visualization_of_Water_Services_in_Africa_Data_Applications_for_Nexus_Governance
- Mastrangelo, P. (2018) Water and Sanitation: Innovations You Didn't Know Were from Latin America and the Caribbean, en <https://publications.iadb.org/en/water-and-sanitation-innovations-you-didnt-know-where-latin-america-and-caribbean>
- Matthews, S. (2018) Water and Technology: The Age of the Drone - Keeping an Eye on the Nation's Water, en http://www.wrc.org.za/wp-content/uploads/mdocs/WW%20July_Aug%202018%20WATER%20AND%20TECHNOLOGY.pdf
- McKinsey Global Institute (2015) The Internet of Things: Mapping the Value Beyond the Hype, en https://www.mckinsey.com/~media/McKinsey/Industries/Technology%20Media%20and%20Telecommunications/High%20Tech/Our%20Insights/The%20Internet%20of%20Things%20The%20value%20of%20digitizing%20the%20physical%20world/Unlocking_the_potential_of_the_Internet_of_Things_Executive_summary.ashx
- McKinsey Quarterly (2018) The Economics of Artificial Intelligence, en <https://www.mckinsey.com/business-functions/mckinsey-analytics/our-insights/the-economics-of-artificial-intelligence>
- Miazi, M. N. S., et al (2016) Enabling the Internet of Things in developing countries: Opportunities and challenges, en https://www.researchgate.net/publication/311757185_Enabling_the_Internet_of_Things_in_developing_countries_Opportunities_and_challenges
- Microsoft (2019) AI for Earth, en <https://www.microsoft.com/en-us/ai/ai-for-earth?activetab=pivot1:primaryr6>
- Mongelli, A., et al (2016) Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics, en <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-319-40621-3>
- Moura, P., Nicoletti, S. (2018) Making Smart Cities and IoT a Reality in Latin America: A Quick Guide For Decision-Makers, en <https://www.gsma.com/latinamerica/wp-content/uploads/2018/11/IoTGuide-ENG.pdf>
- NEPAD (2018) Drones on the Horizon: Transforming Africa's Agriculture, en <https://www.nepad.org/publication/drones-horizon-transforming-africas-agriculture>
- NPR (2019) Amazon Warehouse Employees Face Serious Injuries, Report Says, en <https://www.npr.org/2019/11/27/783223343/amazon-warehouse-employees-face-serious-injuries-report-says>
- Oehly, J. (n.d.). Unlocking the IoT Opportunity in LAC
- ONU (2016) World Cold Face Water Availability Shortfall by 2030 if Current Trends Continue, Secretary General Warns at Meeting of High-Level Panel, en <https://www.un.org/press/en/2016/sgsm18114.doc.htm>

- ONU, Banco Mundial (2018) Making Every Drop Count, An Agenda for Water Action, en https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/17825HLPW_Outcome.pdf
- ONU Environment Programme (2019) New #CleanSeas Augmented Reality Experience Merges the Real World and the Virtual, en <https://www.unenvironment.org/news-and-stories/story/new-cleanseas-augmented-reality-experience-merges-real-world-and-virtual>
- ONU Global Pulse (2012) Big Data for Development: Challenges and Opportunities, en <http://www.unglobalpulse.org/sites/default/files/BigDataforDevelopment-UNGlobalPulseJune2012.pdf>
- Onyalo, N., et al. (2015) The Internet of Things, Progress Report for Africa: A Survey, en <http://ijcsse.org/published/volume4/issue9/p2-V4I9.pdf>
- Organización Mundial de la Salud (OMS), United Nations Children's Fund (UNICEF) (2017) Progress on Drinking Water, Sanitation and Hygiene: 2017 Update and SDG Baselines, en <https://www.who.int/mediacenter/news/releases/2017/launch-version-report-jmp-water-sanitation-hygiene.pdf>
- Ovanessoff, A., Plastino, E. (2017) How Artificial Intelligence can Drive South America's Growth, en https://www.accenture.com/_acnmedia/pdf-48/accenture-ai-south-america.pdf?la=es-la
- Pisa, M. and Juden, M. (2017) Blockchain and Economic Development: Hype vs. Reality. CGD Policy Paper, en <https://www.cgdev.org/publication/blockchain-and-economic-development-hype-vs-reality>
- Power Ledger (2018) Project Update: Fremantle Smart City Development, en <https://medium.com/power-ledger/project-update-fremantle-smart-city-development-b16ccce2eb8f>
- Results for Development Institute (2017) Challenge Funds and Innovation in the Water Sector: A Report to The High-Level Panel on Water, en https://sustainabledevelopment.un.org/content/documents/153732._HLPW_Final_Report_pdf_3.pdf
- Russell, O. (2018) Blockchain and Water: Everything You Need to Know, en <https://hackernoon.com/blockchain-and-water-everything-you-need-to-know-b7e753108715>
- Ryder, G. (2018) How ICTs can Ensure the Sustainable Management of Water and Sanitation, en <https://news.itu.int/icts-ensure-sustainable-management-water-sanitation/>
- Saad, H., (2016) Water Quality Assessment Using Satellite Remote Sensing, en <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016cosp...41E.801H/abstract>
- Sebrae News Agency (2018) Empresa usa inteligencia artificial para achar vazamento de agua, en <https://revistapegn.globo.com/Startups/noticia/2018/03/empresa-usa-inteligencia-artificial-para-achar-vazamento-de-agua.html>; https://stattus4.com/en_US/sobre/
- Sandvik, K. (2017) African Drone Stories, Behemoth A Journal on Civilization, 2015, Volume 8, Issue 2, en <https://ssrn.com/abstract=3060768>
- Schechtner, K., et al. (2018) (Un)certain Skies? Drones in the World of Tomorrow, en <https://www.itf-oecd.org/uncertain-skies-drones>
- SchneiderElectric(2019)New Perspectives on IT and OT System Integration for the Water Industry, en <https://www.schneider-electric.com/en/download/document/998-20619554/>

- Sharda, S. (2018) How India can Lead the World Into the Fourth Industrial Revolution, en <https://www.weforum.org/agenda/2018/11/india-can-be-the-laboratory-that-leads-the-world-into-the-fourth-industrial-revolution/?fbclid=IwAR0ZC-5Ru6w5YfmBHdPCaeL4e5Tc4hjaTM5sAhiWms6FVP1fphfQu5eP518>
- Sheffield, J., et al (2018) Satellite Remote Sensing for Water Resources Management: Potential for Supporting Sustainable Development in Data-Poor Regions, en <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1029/2017WR022437>
- Sigfox (2018) Utility Companies Save Time and Lower Costs With Smart Water Meters, en <https://www.sigfox.com/en/news/utility-companies-save-time-and-lower-costs-smart-water-meters>
- Singletary, C. (2017) Hidden Dangers Uses VR to Raise Awareness on Clean Water Shortage, en <https://uploadvr.com/hidden-dangers-uses-vr-raise-awareness-clean-water-shortage/>
- Smart Energy International (2017) Metering and Smart Energy International Edition 4, en <https://www.smart-energy.com/issues/metering-smart-energy-international-edition-4-2017/>
- Smart Water Magazine (2019) Winning the Non-Revenue Water Challenge, en <https://smartwatermagazine.com/news/kampstrup/winning-non-revenue-water-challenge>
- Sparkman, D., Sturzenegger, G. (2017) Why business as usual will not achieve SDG6 in LAC The promise of wastewater reuse, green infrastructure and small business around WASH: Conclusions from World Water Week 2016, en <https://publications.iadb.org/publications/english/document/Why-Business-as-Usual-Will-Not-Achieve-SDG6-in-LAC-The-Promise-of-Wastewater-Reuse-Green-Infrastructure-and-Small-Business-around-WASH-Conclusions-from-World-Water-Week-2016.pdf>
- Stamford, C. (2017) Gartner Says Almost 3 Million Personal and Commercial Drones Will be Shipped in 2017, en <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2017-02-09-gartner-says-almost-3-million-personal-and-commercial-drones-will-be-shipped-in-2017>
- Statista Research Department (2019) Artificial Intelligence Market Revenue Latin America 2016-2025, en <https://www.statista.com/statistics/721751/latin-america-artificial-intelligence-market/>
- Stinson, C. (2018) How Blockchain, AI and Other Emerging Technologies Could End Water Insecurity, en <https://www.greenbiz.com/article/how-blockchain-ai-and-other-emerging-technologies-could-end-water-insecurity>
- Sukhodolov, Y. A. (2019) The Notion, Essence, and Peculiarities of Industry 4.0 as a Sphere of Industry. In Industry 4.0: Industrial Revolution of the 21st Century, en https://www.researchgate.net/publication/326547788_The_Notion_Essence_and_Peculiarities_of_Industry_40_as_a_Sphere_of_Industry
- Taddeo, M., Bosco, F., ITU News (2019) To Build Trust, We Could Treat Cybersecurity as a Public Good: Opinion, en <https://news.itu.int/15753-2/>
- Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (2016) Drones for Agriculture. ICT Update, Issue 82, en <https://cgspace.cgiar.org/handle/10568/89779>
- Terra Drone India (2019) Water Management Made Easy With Drones – A Case Study, en https://medium.com/@info_16773/water-management-made-easy-with-drones-a-case-study-4db4cfcc600e

- Tom Dieck, M. C., Jung, T. (2019) Augmented Reality and Virtual Reality, en <https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-030-06246-0>
- UNCTAD (2016) Data Protection Regulations and International Data Flows: Implications for trade and development, en https://unctad.org/en/PublicationsLibrary/dtIstict2016d1_en.pdf
- Walsh T. (2018) Machines that Think: The Future of Artificial Intelligence
- Washington, A. N (2018) A Survey of Drone Use for Socially Relevant Problems: Lessons from Africa, en https://www.researchgate.net/profile/Alicia_Washington/publication/330988826_A_Survey_of_Drone_Use_for_Socially_Relevant_Problems_Lessons_from_Africa/links/5c5f380d299bf1d14cb7e75b/A-Survey-of-Drone-Use-for-Socially-Relevant-Problems-Lessons-from-Africa.pdf
- Wells, H. (2018) How Melbourne, Australia Uses AI to Cut Water Treatment Costs, en <https://news.itu.int/melbourne-cut-down-water-costs-using-ai/>
- Williams, A. (2018) Flying High : How Water Is Adopting Drones, en <https://www.waterworld.com/international/utilities/article/16201296/flying-high-how-water-is-adopting-drones>
- Williams, D. (2018) The Power of Drones for the Water Sector, en <https://wwtonline.co.uk/features/the-power-of-drones-for-the-water-sector>
- Wolwort, K. (2019) 5 Major Challenges for the VR Industry, en <https://channels.theinnovationenterprise.com/articles/5-major-challenges-of-vr-industry>
- World Future Energy Summit (2019) The Power of Data: How Artificial Intelligence is Transforming Water, en <https://www.worldfutureenergysummit.com/wfes-insights/ai-cleantech-applications-part-3-ai-in-water#/>
- Wu, W., Gao, J., Chang, K. (2012) 'Virtual reality simulation system for water supply and distribution network', Int. J. Computer Applications in Technology, Vol. 45, No. 4, pp.205-213, en https://www.researchgate.net/publication/262312728_Virtual_reality_simulation_system_for_water_supply_and_distribution_network
- Williams, A. (2018) Flying High: How Water is Adopting Drones, en <https://www.waterworld.com/international/utilities/article/16201296/flying-high-how-water-is-adopting-drones>

Enlaces electrónicos

<http://fracta.ai/>

<http://intellifluxcontrols.com/>

<http://solidat.com/>

<http://watchtowerrobotics.com/>

<http://www.ewaterpay.com/>

<http://www.toiletboard.org/>

<http://www.tratabrasil.org.br/comunicacao/acoes-do-trata-brasil/exposicao-pastoral-da-crianca>

<http://www.un-spider.org/projects/SEWS-D-project-caribbean>

<https://banqu.co/>

https://ec.europa.eu/echo/field-blogs/stories/how-drones-can-help-humanitarian-crises_en

<https://energypost.eu/opower/>

<https://halorobotics.co.id/agriculture/irrigation-management-drones/>

<https://ieeexplore.ieee.org/document/5166858>

https://pro.sony/ue_US/solutions/agriculture/smart-agriculture-solution

<https://sensus.com/solutions/non-revenue-water-infographic/>

<https://waterdatachallenge.globalinnovationexchange.org/innovations/artificial-intelligence-based-prospecting-solution-locating-self-recharging-underground>

<https://waterledger.com/>

<https://www.2030vision.com/global-goals/clean-water-and-sanitation>

<https://www.accenture.com/us-en/insight-artificial-intelligence-future-growth>

<https://www.cloudtostreet.info/about>

<https://www.dronedeploy.com/resources/stories/drone-mapping-impooverished-neighborhoods/>

<https://www.emagin.ai/industries>

<https://www.eonreality.com/portfolio-items/virtual-reality-training-platform/>

<https://www.ghidro.com.br/>

<https://www.iadb.org/en/water-and-sanitation/about-hydro-bid>

<https://www.islandwatertech.com/regen/>

<https://www.mysuezwater.com/community-environment/water-resource-management>

<https://www.originclear.com/>

<https://www.preventionweb.net/sendai-framework/sdg/target>

<https://www.se.com/th/en/work/services/field-services/industrial-automation/performance-optimization-services/ecostruxure-augmented-operator-advisor.jsp>

<https://www.skyx.solutions/>

<https://www.techopedia.com/definition/27745/big-data>

<https://www.upepo.io/>

<https://www.waterig.com/>

<https://www.waterpigeon.com/>

https://www-03.ibm.com/press/us/en/attachment/40497.wss?fileId=ATTACH_FILE1&fileName=Miami-Dade%20County%20Final%20Fact%20Sheet.pdf

<https://www.britannica.com/topic/artesian-well>

