

# BLOCKCHAIN EN LA CONSTRUCCIÓN EN ARGENTINA

Potencialidades e impactos de las tecnologías digitales en el sector.









# BLOCKCHAIN EN LA CONSTRUCCIÓN EN ARGENTINA

Potencialidades e impactos de las  
tecnologías digitales en el sector



CÁMARA ARGENTINA  
DE LA CONSTRUCCIÓN

## Coordinador de la colección “Serie I+D”

Sebastián Orrego

## Edición y corrección de estilo

Emilia Pezzati

Santiago Lubian

## Autor

Mariano Zukerfeld

Esta publicación ha sido elaborada por la Cámara Argentina de la Construcción y el Fondo para el Desarrollo de la Construcción, en el marco de la estrategia sectorial de Formación Continua.

La Escuela de Gestión de la Construcción, de la Cámara Argentina de la Construcción, brinda oportunidades y espacios de formación para los profesionales de la industria de la construcción en todo el país.

Las publicaciones elaboradas por la Escuela de Gestión, a través de su Colección “Serie I+D”, pueden ser solicitadas vía correo electrónico a [capacitacion@camarco.org.ar](mailto:capacitacion@camarco.org.ar), en su Sede Central de Av. Paseo Colón 823, 10° piso, Ciudad de Buenos Aires, vía telefónica comunicándose al 011 4361-8778, o en sus Delegaciones de todo el país.

La reproducción total o parcial de esta obra, por cualquier medio, requerirá expresa autorización del editor.

Queda hecho el depósito que establece la Ley N° 11723.

Año 2020.

Zukerfeld, Mariano

Blockchain en la construcción en Argentina / Mariano Zukerfeld ; coordinación general de Emilia Pezzati ; Sebastián Ariel Orrego. - 1a ed. - Ciudad Autónoma de Buenos Aires : FODECO, 2020.

68 p. ; 29 x 21 cm. - (I+D / Tecnologías ; 9)

ISBN 978-987-4401-64-9

1. Construcción. 2. Nuevas Tecnologías. I. Pezzati, Emilia, coord. II. Orrego, Sebastián Ariel, coord. III. Título.

CDD 690.028

ISBN 978-987-4401-64-9



Escanea el código QR o visita  
[www.biblioteca.camarco.org.ar](http://www.biblioteca.camarco.org.ar)  
para descargar esta y otras ediciones  
de nuestra colección digital.



# ÍNDICE

|           |  |
|-----------|--|
| <b>9</b>  | <b>1. Introducción: Blockchain, la industria de la construcción y la Argentina</b>                   |
| <b>11</b> | <b>2. Blockchain</b>   |
| <b>11</b> | 2.1 El capitalismo informacional: rasgos básicos   |
| <b>12</b> | 2.2 Blockchain y Bitcoins: Orígenes y funcionamiento   |
| <b>17</b> | 2.3 Aplicaciones monetarias de blockchain  |
| <b>18</b> | 2.4 Aplicaciones no monetarias de blockchain   |
| <b>29</b> | <b>3. Construcción y tecnologías digitales</b>   |
| <b>29</b> | 3.1 Limitaciones para la digitalización de la construcción   |
| <b>30</b> | 3.2 Herramientas para la digitalización de la construcción   |
| <b>32</b> | 3.3 Blockchain en la construcción  |
| <b>37</b> | <b>4. La industria de la construcción argentina</b>  |
| <b>37</b> | 4.1 Empresas y trabajadores  |
| <b>40</b> | 4.2 Salarios   |
| <b>43</b> | 4.3 Valor agregado y productividad   |
| <b>44</b> | 4.4 Tecnologías digitales  |
| <b>49</b> | <b>5. Potencial y limitaciones para la implementación de blockchain en la construcción Argentina</b> |
| <b>49</b> | 5.1 Potenciales  |
| <b>51</b> | 5.2 Limitantes y desafíos  |
| <b>55</b> | <b>6. Consideraciones finales</b>  |
| <b>57</b> | <b>7. Referencias</b>  |





# 1. INTRODUCCIÓN: BLOCKCHAIN, LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN Y LA ARGENTINA

El objetivo de este trabajo consiste en analizar las potencialidades de *blockchain* en el sector de la construcción en Argentina. Esto implica caracterizar y considerar la relación entre tres esferas:

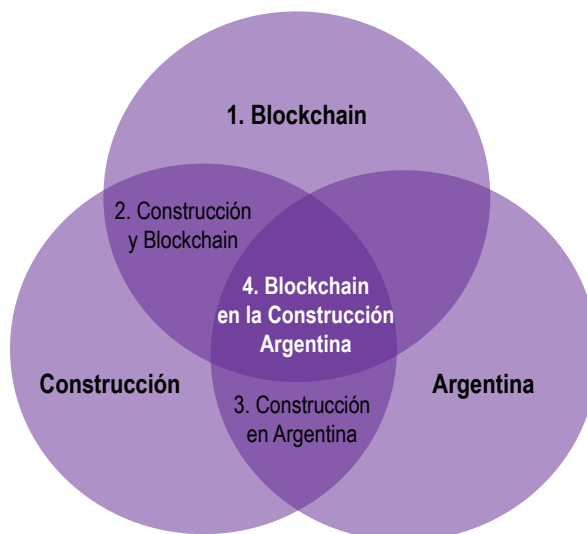
Por un lado, blockchain se destaca entre un conjunto de tecnologías que la enmarcan y complementan. Tecnologías digitales cuya masificación es uno de los rasgos de la presente etapa: el capitalismo informacional.

Por otro lado, la industria de la construcción presenta especificidades en relación con

otros sectores. Entre ellas, su relativamente modesta capacidad de absorción de las tecnologías digitales y, de manera más general, una baja tendencia hacia la codificación de los saberes productivos.

Finalmente, la economía y la sociedad argentinas tienen rasgos particulares respecto de factores diversos entre los que se incluyen la cíclica inestabilidad macroeconómica, la limitada observancia de las normas y contratos, y el grado de confianza de los agentes, entre otros.

**Figura 1:** Blockchain en la construcción en Argentina



**Fuente:** elaboración propia.

La caracterización exhaustiva de estas tres esferas y sus relaciones, sin embargo, excedería los alcances del presente informe. En cambio, se ofrece un recorrido sintético por los subconjuntos más relevantes para cumplir el objetivo propuesto.

Luego de esta introducción que constituye la primera sección, en la segunda se presenta la tecnología Blockchain. Para ello, se la sitúa en el devenir de la presente etapa, (signada en parte por los rasgos económicos de las tecnologías digitales e Internet) y se explican brevemente los usos monetarios que la volvieron famosa. A continuación, se presenta el eje central de la sección: los criterios generales y las experiencias prácticas de utilización no monetaria de blockchain.

En la tercera sección se estudia la relación entre blockchain y la industria de la construcción a nivel mundial. Para lograr tal objetivo se parte de caracterizar la relación entre la industria global de la construcción y las tecnologías digitales. Se discute la codificación de conocimientos en la industria de la construcción, se señala la baja presencia relativa de tecnologías digitales en ella y se analiza la emergencia de BIM como un conjunto de procesos que aspira a revertir tal situación. Asimismo, otras tecnologías digitales, como Internet de las Cosas (IoT) son mencionadas. Finalmente, se discute el potencial y los límites de la utilización de blockchain en la construcción en el contexto descripto.

La cuarta sección analiza las peculiaridades de la industria de la construcción en Argentina. Se analizan datos sobre las empresas y los trabajadores, los salarios, el valor agregado, la productividad y el uso de tecnologías digitales para caracterizar la especificidad del sector en nuestro país.

La quinta sección, basándose en los elementos desplegados en las secciones previas, discute las potencialidades y límites de la implementación de blockchain en la industria de la construcción argentina. Así, se presentan cuatro potencialidades: lidiar con niveles bajos de confianza entre los actores, disminuir las demoras en los tiempos de finalización de obra, disminuir incumplimientos en la cadena de pagos e impulsar la formalización económica de las transacciones. En términos de limitantes y desafíos, se señalan también cuatro elementos: la alta inestabilidad macroeconómica, la baja adopción de tecnologías digitales en el sector, la alta informalidad y los escasos antecedentes de implementación exitosa.

Finalmente, se presentan las conclusiones del trabajo que, además del resumen del recorrido realizado, ofrecen recomendaciones para la adopción de blockchain en el sector de la construcción en Argentina.

# 2. BLOCKCHAIN

## 2.1 El capitalismo informacional: rasgos básicos

A mediados de la década de 1970 comienza una nueva etapa de la historia del capitalismo, signada, entre otros factores, por la emergencia, difusión y centralidad productiva de las tecnologías digitales e internet. Específicamente, resulta pertinente aquí señalar dos tendencias:

### a) Informacionalización

Por un lado, emergen nuevas actividades que consisten en la producción de bienes informacionales, es decir, bienes hechos de información digital. Algunos son nuevos, como el software y otros que se producían analógicamente, pasan a ser digitalizados, como la música, los audiovisuales, etc. La emergencia de los procesos productivos informacionales resulta así, en primer lugar, en la aparición de un sector específico, un cuarto sector de la economía, el sector información. Está constituido por las unidades productivas cuyo principal output son bienes informacionales.

Por otro lado, la informacionalización refiere a que, en otros sectores, las actividades agropecuarias, industriales o de servicios son crecientemente digitalizadas. Así, la informacionalización de la economía abarca la gestión administrativa o la virtualización de la educación, pero también la automatización industrial y los vehículos autónomos.

De este modo, una parte sustancial del empleo y el producto de la economía mundial se generan en procesos informacionales.

Esto es indisociable de la expansión de las tecnologías digitales e Internet que, a su vez, tiene una base material simple conocida como Ley de Moore: la capacidad de procesamiento de los chips se duplica cada dos años a un precio constante o, en otras palabras, el precio de una tecnología digital dada se reduce a la mitad cada dos años. La persistencia de este particular fenómeno es sustancial para comprender la masificación de las tecnologías digitales, como computadoras, tablets y smartphones.

Otro de los pilares que sostiene la informacionalización refiere a una propiedad de la información digital. Se trata del hecho de que se puede reproducir con costos tendientes a 0. Mientras que la primera unidad de una película, plano o software puede tener un costo elevado, las copias ulteriores pueden producirse con costos muy exiguos.

La ley de Moore respecto de las tecnologías digitales y los costos marginales tendientes a 0 de la información digital resultan, de este modo, fundamentales para comprender la emergencia de un sector información y la informacionalización de todos los sectores de la economía.

### b) Reticularidad

La modalidad organizacional de los procesos productivos del capitalismo informacional es la red. Emergió de manera autónoma pero complementaria en dos tipos de procesos productivos, desde los cuáles irradió al conjunto de las actividades económicas y no económicas. En primer lugar, el toyotismo dio lugar a lo que se conoce como la *Empresa Red*, hacia el interior de las firmas y hacia fuera de ellas. Así, la empresa se vuelve un conjunto de islas, de proyectos articulados

de modo relativamente flexible mientras que, simultáneamente, la empresa traza redes hacia el exterior, tercerizando todo aquello que excede a su núcleo de negocios.

Por otro lado, la producción del kernel de Linux concretó lo que luego se conocería como *Producción Colaborativa* (producción de bienes informacionales entre pares a través de internet, usualmente en el tiempo de ocio). Esto incluye claro, a Wikipedia, pero también a formas hegemónicas por firmas con fines de lucro, como los sitios de redes sociales. La Empresa Red y la Producción Colaborativa, claro, comparten rasgos relativos a la organización reticular, la circulación de flujos de información digital y la continuidad de cada configuración determinada.

## 2.2 Blockchain y Bitcoins: Orígenes y funcionamiento

### a) Historia

Blockchain es la tecnología subyacente a las criptomonedas y surge junto con una de ellas: Bitcoin.

En 2008, un artículo técnico titulado Bitcoin: un sistema de dinero electrónico *peer-to-peer* de autoría de un individuo o grupo bajo el seudónimo Satoshi Nakamoto, introdujo la idea y las técnicas para ejecutar una moneda digital *peer to peer*. Esto es, una moneda que no cuenta con el respaldo de una autoridad centralizada no es fiscalizada por una autoridad monetaria ni por el sistema bancario y financiero, aunque es convertible a moneda oficial y en mayor o menor medida es utilizada para transacciones relativas a toda clase de bienes y servicios.

Los usuarios de Bitcoin, notablemente, no necesitan revelar su identidad. Mantienen una billetera digital en sus computadoras y, mediante un software específico realizan las transacciones. A la fecha, varios miles de negocios alrededor del mundo aceptan bitcoins como unidad de pago para los más variados bienes y servicios.

Ahora, ¿cómo se adquieren los bitcoins? A través de tres mecanismos. El primero surge del comprarlos a otros usuarios mediante divisas y el segundo de trocarlos por bienes y servicios elaborados por los usuarios. Sin embargo, estos dos mecanismos no explican el origen de los bitcoins, esto es, la emisión monetaria. El tercer mecanismo, que contiene una innovación crucial del sistema, consiste en la obtención de moneda por la verificación de transacciones realizadas previamente por otros usuarios. Esta actividad es referida como minería (en el sentido de que se obtienen recursos finitos mediante una actividad de búsqueda, en este caso mediante hardware y software específicos).

Con todo, la innovación más radical del sistema, que también se presentó en el artículo de Sakamoto, es el llamado *distributed ledger*, o blockchain, sistema contable descentralizado, por el cual se realizan y registran los pagos y, en base a ellos, los usuarios realizan verificaciones que generan la emisión monetaria. Como señala un texto redactado por funcionarios del Banco de Inglaterra:

---

*A key innovation of digital currency systems is the use of a 'distributed ledger' that allows payments to be made in a decentralised way. (...) A user, wishing to make a payment, issues payment instructions that are disseminated across the network of other users. Standard cryptographic techniques make it possible for users to verify that the transaction is valid — that the would-be payer owns the currency in question. Special users in the network, known as 'miners', gather together blocks of transactions and compete to verify them. In return for this service, miners that successfully verify a block of transactions receive both an allocation of newly created currency and any transaction fees offered by parties to the transactions under question"*  
(Ali et al. 2014:266)

---

En términos resumidos, se puede decir que Blockchain es una serie de registros fechados almacenados en una base de datos gestionada por un grupo de usuarios que cons-

tituyen una red descentralizada, cuya seguridad se basa en técnicas criptográficas.

De este modo, blockchain se basa en una red de usuarios que funcionan como nodos y que pueden tener transacciones seguras y certificadas sin la participación de una autoridad intermediaria. Cualquier nodo autorizado, y solamente los nodos autorizados, pueden acceder a los registros añadidos como bloques legítimos y agregar nuevos bloques. Esto hace que el sistema blockchain constituya una contabilidad distribuida -*distributed ledger*- inmutable que puede registrar no sólo información relativa a las criptomonedas, sino toda clase de transacciones.

## b) Funcionamiento general

El funcionamiento de blockchain presenta cierta complejidad. Aquí se presentan algunas ideas simplificadas para brindar una idea de su modalidad.

En un nivel extremadamente básico, blockchain parte de dar una respuesta original y superadora a la pregunta por cómo generar confianza en una situación de incertidumbre o desconfianza entre las partes. Por ejemplo, si ante determinado evento que se pacta, una de las partes debe pagarle cierta cantidad de dinero a otra parte (un servicio, una apuesta, un préstamo, etc.). Ante esto, hay dos modalidades usuales para velar por el cumplimiento del acuerdo. La primera es la confianza en la palabra, crucial aún en numerosas situaciones de la vida cotidiana, especialmente en transacciones de montos relativamente bajos, pero con límites obvios cuando los incentivos para no respetar la palabra son elevados. Alguna de las partes podría desconocer lo dicho oralmente. La segunda es la mediación de contratos específicos entre las partes involucradas, que ambas partes conservan como registro de lo acordado. Los contratos, sin embargo, implican altos costos de transacción, como gastos para su creación, interpretación, *enforcement*. Consecuentemente, esos costos podrían ser más altos aún que los recursos que pretenden arbitrar.

Una tercera y última opción es la existencia de una tercera parte, que guarde registros

del acuerdo celebrado. Esta modalidad también puede ser onerosa, cuando la tercera parte es una institución como un banco o un individuo como un escribano. Más aún, el carácter centralizado de esta tercera parte implica riesgos de parcialidad y seguridad en los registros.

Sin embargo, blockchain introduce un conjunto de innovaciones que le permiten constituirse en una tercera parte descentralizada, confiable, segura y económica.

Las funciones de blockchain son:

1. Registrar intercambios de valor. Por ejemplo, la transferencia de dinero –en una criptomoneda u otro activo–.
2. Administrar contratos inteligentes (*smart contracts*). Por ejemplo, en una apuesta, recibir los depósitos antes de la resolución y transferir, luego de obtener el resultado, el dinero a la parte ganadora.
3. Certificar existencia de ciertos datos. Por ejemplo, indicar que una propiedad es de titularidad de determinada persona y no de otra.

Más específicamente, blockchain es particularmente recomendable en contextos en los que se cumplen los siguientes requisitos (Turk y Klinc, 2017):

1. Se necesita una base de datos para registrar eventos.
2. El proceso productivo es favorable a la descentralización de los registros
3. El nivel de confianza es bajo y/o los intereses de las partes involucradas son divergentes con relación a los registros
4. No es conveniente o factible recurrir a una tercera parte que oficie como certificador neutral.
5. En otros casos, otras soluciones tecnológicas son más recomendables.

¿Pero cómo funciona exactamente blockchain? Blockchain es un sistema de múltiples nodos (computadoras) que actúan como una red sobre Internet. Notablemente

te, cada nodo tiene la capacidad de realizar transacciones, verificar transacciones, recibir transacciones y crear un bloque (*block*). En efecto, la blockchain es una cadena de bloques (un conjunto de registros) vinculada criptográficamente. Los bloques son inalterables: una vez que una transacción ha sido registrada, es inmutable. Cada nodo de la cadena de bloques tiene una copia propia de la base de datos (el *distributed ledger*), por lo que puede acceder a la historia de las transacciones en esa red de blockchain cuando quiere y actualizarla cada vez que un nodo agrega nuevas transacciones.

¿Cómo se crean los bloques? El proceso puede entenderse dividiéndolo en varios pasos.

1. Dos nodos en una red: A y B, que quieren realizar una transacción. La transacción sólo puede ocurrir si todos los otros nodos participantes en la red verifican que se trata de una transacción legítima.
2. Cada nodo recibe un pedido de verificación, y chequea algunos aspectos claves de la transacción, como la autenticidad de los dos nodos, si –suponiendo que se trate de una transacción financiera–, la parte en cuestión posea los fondos comprometidos, etc.
3. Una vez que todos los nodos han verificado los puntos clave, la transacción se agrega a la *memory pool* o *mem pool*, junto con otras. Es decir, cada *mem pool* contiene varias transacciones verificadas.
4. La agregación combinada de varios *mem pool* resulta en un bloque (*block*). Cada nuevo bloque contiene algunos aspectos distintivos: un encabezamiento (*block header*), que incluye un resumen de los datos de las transacciones, una marca de tiempo (*timestamp*), código *hash* del bloque anterior en la cadena y su propio *hash*.
5. El *hash* es un código, una especie de documento de identidad de cada bloque. El código *hash* (un número extremadamente largo con apariencia de ser creado al azar) se genera utilizando un sistema de encriptación (usualmente uno llamado SHA256).
6. Para agregar un nuevo bloque a la cadena existente, los nodos en la red necesitan un *mecanismo de consenso* para decidir qué bloque es el siguiente en la cadena. El mecanismo de consenso más usual se basa en la prueba de trabajo (*proof-of-work*). Esto consiste en descryptar el código *hash*, en resolver el “hash-puzzle”. Para hacer esto, se necesitan computadoras específicas a las que les toma unos 10 minutos crackear el código. El nodo (minero) que logra cumplir esa tarea presenta su bloque para agregarlo a la red –y obtener una compensación por ello.<sup>1</sup>
7. Los otros nodos (que cuentan con copias de las transacciones válidas) validan que la descryptación es correcta.
8. Cuando el 51% de los nodos confirman la validez del bloque, este se agrega a la cadena.

## c) Tipos

Hay dos tipos básicos de blockchain: públicas y privadas. Sin embargo, también existen dos combinaciones adicionales: consorcio y mixtas.

### 1) Blockchain públicas

Una blockchain pública es un sistema contable distribuido no restrictivo y que no requiere de permisos para acceder. Cualquier persona que tenga acceso a Internet puede iniciar sesión en una plataforma blockchain para convertirse en un nodo autorizado y ser parte de la red blockchain. Un nodo o usuario que es parte de la cadena de bloques pública está autorizado para acceder a registros, verificar transacciones y hacer

---

<sup>1</sup> El sistema de prueba de trabajo es el utilizado por la red Bitcoin, pero presenta al menos dos problemas importantes. El primero es el mencionado alto consumo energético. El segundo, vinculado, es que el poder computacional se encuentra concentrado, por lo que el 65% de los bloques son añadidos por 5 empresas. Esto quiere decir que la descentralización no se cumple necesariamente y que esos 5 actores podrían tener acuerdos para agregar bloques inválidos si así lo quisiesen, toda vez que pueden superar fácilmente el 51%. Existen mecanismos alternativos, como la prueba de participación (*proof of stake*)



pruebas de trabajo para un bloque entrante (minería). El uso más frecuente de las blockchain públicas es el de las criptomonedas como Bitcoin, Ethereum y Litecoin.

### 2) Blockchain privado

Un blockchain privado es un blockchain restringido, que requiere permisos y solo funciona en una red cerrada. Las cadenas de bloques privadas generalmente se usan dentro de una organización donde solo miembros seleccionados pueden ser nodos. El nivel de seguridad, autorizaciones, permisos, accesibilidad está en manos de la organización. Por lo tanto, las cadenas de bloques privadas se aplican típicamente para usos no monetarios votación, logística, identidad digital, propiedad de activos, etc. Multichain y los proyectos de Hyperledger (Fabric, Sawtooth) son algunos ejemplos.

### 3) Blockchain en consorcio

Un consorcio blockchain es un sistema en el que más de una organización administra la red –en contraposición con la red privada, administrada por una organización, y la pública, completamente descentralizada–. De cualquier forma, las redes son administradas por varias organizaciones, pero el ingreso si-

gué siendo restringido, por lo que son una variante de las redes privadas. Las cadenas de bloques del consorcio suelen ser utilizadas por bancos, organizaciones gubernamentales, etc. Algunos ejemplos son: Energy Web Foundation, R3, entre otros.

### 4) Blockchain híbrida

Una blockchain híbrida es una combinación de la blockchain pública y privada. Utiliza las características de ambos tipos de blockchains, es decir, uno puede tener un sistema privado basado en permisos, así como un sistema público sin permisos. En este caso, los usuarios pueden controlar quién y a qué datos tiene acceso. De modo característico, se puede permitir que algunos datos o registros de blockchain se hagan públicos manteniendo el resto como confidencial en la red privada. El sistema híbrido de blockchain permite que los usuarios puedan unirse fácilmente a una blockchain privada con múltiples blockchain públicas. Dragonchain es un ejemplo de una red híbrida.

Las blockchain públicas y privadas tienen fortalezas y debilidades que pueden resumirse en el siguiente cuadro.

Tabla 2.1

| Tipos básicos de blockchain | Ventajas   | Desventajas   |
|-----------------------------|--|---|
| <b>Pública</b>              | Confianza<br>Descentralización<br>Seguridad<br>Apertura<br>Transparencia | Lentitud<br>Escalabilidad<br>Alto consumo energético                  |
| <b>Privada</b>              | Velocidad<br>Escalabilidad   | Necesidad de construir confianza<br>Menor seguridad<br>Centralización |

Fuente: elaboración propia en base a Data flair, 2019.

Las blockchain públicas presentan como ventajas la confianza, seguridad y transparencia que puede tenerse en los otros nodos, y por ende en la red, toda vez que esos nodos, individualmente, no pueden alterar el funcionamiento de las mismas. Todas las transacciones son públicas, por lo que cualquier actor puede comprobar su validez e

historia. No obstante, para funcionar adecuadamente, las blockchain públicas requieren de una importante cantidad de nodos participantes. Y la combinación entre estas cantidades, y la prueba de trabajo, en la que se basan, implica un altísimo consumo energético y una limitada velocidad.

Todo lo contrario ocurre con las blockchain privadas. Son veloces (mientras la blockchain de bitcoin procesa 7 transacciones por segundo y la de Ethereum 15, la red privada de VISA procesa 24.000) y escalables (no hay necesidad de un umbral mínimo de nodos), pero el carácter limitado de los nodos participantes y la centralización genera limitaciones en la seguridad.

## d) Smart Contracts y DAO

Blockchain no solo permite el registro de activos o transacciones, sino también la ejecución automática de contratos. De eso se tratan los *Smart Contracts*, o contratos inteligentes, que son programas informáticos que se encargan de ejecutar de manera autónoma acuerdos que hayan establecido dos o más partes. Tal contrato se ejecuta ante el cumplimiento de algún requisito: la llegada de una fecha determinada, la ocurrencia de cierto hecho: entrega de un producto o servicio confirmada por una de las partes etc. Decisivamente, el contrato se ejecuta sin intermediación de ninguna autoridad humana. Así, los *smart contracts* reemplazan parcialmente el trabajo de abogados y jueces, disminuyendo los costos de transacción de las operaciones, y extendiendo la confianza desde el registro hacia el cumplimiento de pactos. ¿Cómo se escriben esos contratos? A diferencia de los tradicionales, se escriben en un lenguaje de programación. Por ejemplo, para el blockchain de Ethereum, los *smart contracts* se redactan en un lenguaje llamado *Solidity*.

Pero ¿cómo se determina si se ha cumplido o no la condición que indica un *smart contract* para poder ejecutarse? Aquí es donde intervienen los *Oráculos*: software que verifican información confiable en Internet (como fechas, temperaturas o precios de distintos bienes).

Aunque la idea de contratos inteligentes surgió en 1993 en un trabajo de Nick Szabo, su aplicación masiva ocurrió mucho después, a través del Blockchain de Ethereum.

### ¿Son legales los smart contracts?

En otras palabras, ¿están amparados por las normas del mundo físico estos acuerdos virtuales? Hay opiniones divididas entre los

juristas. Gisella Ruhl (2019) considera que el carácter internacional de la jurisdicción puede resolverse sin mayores problemas en base al derecho internacional privado regido por reglamento Roma I de la Unión Europea, y que las partes elegirán las jurisdicciones nacionales que tengan marcos regulatorios más consistentes con los smart contracts. Otros autores consideran que los contratos inteligentes son válidos si y solo si están redactados como textos legales en el programa de computadora o fuera de él, y el programa refleja el contrato no informático (Chandler, 2019).

En cualquier caso, el camino jurídico para los contratos inteligentes podría encontrar obstáculos entre otras razones porque los abogados podrían ser reemplazados masivamente en caso de que los smart contracts se extendieran.

Los contratos inteligentes, de manera agregada, pueden conformar una DAO: organización autónoma descentralizada, por su sigla en inglés. Se trata ya no de un contrato, sino del conjunto de reglas que conforma una organización. Si los contratos inteligentes reemplazan a abogados y jueces, las DAO podrían reemplazar a managers y otros ejecutivos.

Bitcoin fue considerada la primera DAO, porque es una organización autónoma descentralizada cuyas reglas de funcionamiento están determinadas por el software. Sin embargo, la expresión refiere más usualmente a organizaciones que pueden funcionar dentro de las blockchain, y no tanto a las blockchain mismas.

En este sentido, la primera DAO importante fue la llamada "The DAO" sobre Ethereum. Fue creada por la empresa alemana slock.it (dedicada a cerraduras inteligentes y una forma de compartir propiedades comparable a Airbnb pero descentralizada) y comenzó a funcionar en 2016. En su proceso de *crowdfunding* recaudó USD 150 millones, generando un enorme entusiasmo. Sin embargo, un error de programación permitió a un hacker o grupo de ellos robar USD 50 millones. El episodio generó una gran desconfianza en las DAO y la Ethereum, que se bifurcó (*fork*) en dos proyectos a partir de entonces.



Que las DAO funcionen autónomamente no quiere decir que prescindan por completo de humanos. De hecho, en su primera fase, para funcionar correctamente, precisan tres componentes: 1. Reglas escritas como contrato inteligente. 2. *Tokens* (elementos que indican propiedad y que administra la DAO para compensar a quienes realizan tareas dentro de ella). 3. Usuarios (humanos o no humanos), que invierten para obtener *tokens* que brindan poder de decisión en la DAO. Una vez que la DAO está en funcionamiento, es decir, en la segunda etapa, las decisiones sobre situaciones que no estén previstas en el programa original se toman mediante votación entre los titulares de tokens.

## 2.3 Aplicaciones monetarias de blockchain

Aunque el presente trabajo se enfoca en las aplicaciones no monetarias de blockchain, es necesario comprender la dimensión de su aspecto monetario porque las cadenas de bloques que se utilizan en otros proyectos (como las de Bitcoin o Ethereum) están basadas en su expansión previa mediante las criptomonedas.

### a) Criptomonedas

Al 10 de diciembre de 2019, el total del valor de mercado de las 100 criptomonedas más importantes era de USD 196.372.207.963. Si bien Bitcoin sigue siendo dominante, hay 49 de ellas que tienen un valor de mercado de más de USD 100 millones, y 10 con valor superior a 1000 millones.

Tabla 2.2

| Criptomoneda | Valor total de mercado (millones de USD) |
|--------------|--|
| Bitcoin      | 131.321                                  |
| Ethereum     | 15.810                                   |
| XRP          | 9580                                     |
| Tether       | 4128                                     |
| Bitcoin Cash | 3757                                     |
| Litecoin     | 2814                                     |
| EOS          | 2458                                     |
| Binance Coin | 2307                                     |
| Bitcoin SV   | 1715                                     |
| Stellar      | 1075                                     |

Fuente: CoinMarket Cap.

En términos históricos se observa una tendencia al alza del valor de mercado de las criptomonedas que se explica no sólo por el valor unitario de Bitcoin, sino por el ascenso de la cantidad de Bitcoins y otras criptomonedas circulando y por los valores unitarios de esas otras criptomonedas.

En la Argentina hay numerosas empresas dedicadas a las criptomonedas. Por ejemplo, las dedicadas a las billeteras virtuales, es decir, a administrar criptomonedas y convertirlas a dinero oficial. Ripio, una empresa local, ofrece una billetera virtual para comprar bitcoins en pesos argentinos y otros servicios. Declara tener un plantel de 35 empleados y 150000 usuarios.

## b) Remesas

Las criptomonedas pueden utilizarse también para facilitar la transferencia de valor entre residentes en distintos países, de forma económica, rápida, segura y con la particularidad de que puede (o no) implicar formas de evasión impositiva.

En la Argentina, la firma Bitex, entre otros servicios, ofrece transferencias internacionales.

## c) Initial Coin Offerings (ICO)

Así como las empresas tradicionales ofrecen sus IPO (ofertas públicas iniciales) para recibir capital de riesgo, las criptomonedas utilizan las ICO (Initial Coin Offering). Es una forma de lo que a veces se llama crowdfunding (financiamiento de las multitudes), con la peculiaridad de que en las criptomonedas el éxito de la iniciativa significa una valorización del capital invertido. En la Argentina, Ripio lanzó la RCN (Ripio Credit Network) y otras empresas como CoinFabrik declaran tener experticia en ICOs.

## d) Microcréditos e inclusión financiera

En el mundo en general, y en América Latina en particular, blockchain ofrece un gran potencial de inclusión financiera. En una región en la que el 60%, unos 400 millones de personas adultas no tiene cuenta bancaria ni créditos de ningún tipo, pero una gran cantidad tiene acceso a internet, las aplicaciones móviles de criptomonedas pueden permitir avances importantes. (Sanchez, 2018: 27). Por ejemplo, Wayniloans, una empresa argentina, ofrece micropréstamos en blockchain, por fuera de las instituciones financieras tradicionales.

Es claro que blockchain presenta importantes ventajas para las transacciones financieras, desde que fue creada para tal fin. La eficiencia en la autenticación, el descenso de los costos y la velocidad en comparación con el sistema bancario tradicional son puntos claros.

También resulta importante señalar la mejora en la gestión de riesgos (Sánchez, 2017) a través de la irreversibilidad de las transacciones, la verificación de los historiales financieros, la instantaneidad. Más importante aún,

la relación con los intermediarios. Como se ha mencionado, con las blockchain públicas, estos dejan de ser necesarios.

Sin embargo, lo que están haciendo numerosas instituciones financieras, es decir, intermediarias, es incorporar blockchain a sus modelos de negocios. Más precisamente, utilizar blockchains privadas. Por ejemplo, el mencionado consorcio R3, basado en el sistema Corda y la criptomoneda Ripple. De hecho, las entidades financieras más grandes del mundo utilizan blockchain para registrar e intercambiar valores.

## 2.4 Aplicaciones no monetarias de blockchain

### a) Aplicaciones generales

Hay numerosos experimentos en curso con relación a diversos usos no monetarios de blockchain. Se trata de usos incipientes y extremadamente variados.

Varios gobiernos alrededor del mundo han notado las oportunidades que ofrece blockchain. Entre ellos, hay iniciativas institucionales como Comisión Europea, Asociación Europea de Blockchain, EE.UU. Rusia, China, Emiratos Árabes.

En Estonia, aún antes de la difusión del White Paper de Bitcoin, había comenzado el desarrollo de tecnología similar a blockchain. En la actualidad, la plataforma KSI constituye el backbone de los servicios públicos estatales, integrando y dando seguridad a registros médicos, de seguridad, comerciales, judiciales y legislativos. Estonia es así, el primer país que ha implementado blockchain a nivel nacional<sup>2</sup>.

Los usos electorales también están siendo explorados. En Suiza, la ciudad de Lux generó una alianza entre la Lucerne University y una empresa de software, Luxosft para crear un sistema de voto local basado en Blockchain (Macaulay, 2019).

<sup>2</sup> Véase <https://e-estonia.com/solutions/security-and-safety/ksi-blockchain/>

En los EE.UU., en West Virginia se probó un piloto para permitir el voto a través de una aplicación de blockchain para teléfonos móviles. Se espera que sea utilizado en las elecciones de medio término, especialmente por parte de las fuerzas militares que se encuentran en destinos distantes (Blockstuffs, 2019).

En Dinamarca, en 2014 la Alianza Liberal se constituyó en el primer partido político en utilizar blockchain para una elección interna.

Más allá de las criptomonedas “privadas”, algunos estados exploran cómo aprovechar las criptomonedas para la administración pública. Dubai planea para 2020 que todas las transacciones del gobierno se realicen mediante blockchain, y estima importantes ahorros en términos de costos de transacción y disminuciones de la contaminación. Gibraltar y Venezuela están experimentando con criptomonedas (Macaulay, 2019).

Hay, incluso, usos más llamativos. En la Isla de Man (vinculada económicamente con el Reino Unido), entre otras iniciativas vinculadas a Blockchain, se ha desarrollado la primera lotería basada en criptomoneda, reconocida por el estado: Quanta Lottery, basada en el blockchain de Ethereum. Por su parte, el DHS de los EE.UU. dio en 2018 un subsidio a un *startup* llamada Factom para probar la utilidad de blockchain para proteger datos recolectados por sensores y cámaras en las fronteras de los EE.UU. (Macaulay, 2019).

Más allá de estas iniciativas estatales generales y específicas, hay plataformas internacionales que constituyen la base de aplicaciones sobre blockchain.

La plataforma blockchain Corda (de código abierto), controlada por la empresa R3 LLC lidera un ecosistema de alrededor de 300 firmas que desarrollan aplicaciones distribuidas sobre esa plataforma. Sus usos principales son los servicios financieros, seguros, salud y activos digitales.

Ethereum es otra plataforma blockchain, que si bien tiene su criptomoneda (el ether), es utilizada para otros fines. Se distingue porque permite la realización de *smart contracts* (contratos inteligentes).

En tercer lugar, hay que mencionar el Proyecto Hyperledger, que es un paraguas de blockchains de código abierto impulsado por la Linux Foundation y que cuenta con la participación de decenas de importantes empresas. Se trata de un proyecto que no desarrolla su propia criptomoneda, sino herramientas para generar distintas cadenas de bloques.

## **b) Aplicaciones relevantes para el sector de la construcción**

Con todo, al efecto del presente trabajo, hay cinco tipos de aplicaciones que, sin estar enfocadas en el sector de la construcción directamente, resultan relevantes para concebir aplicaciones en él.

En efecto, aunque se trata de desarrollos incipientes, es importante rescatar algunos casos cuya extrapolación a la construcción puede concebirse con relativa facilidad.

### **1. Logística, trazabilidad y falsificaciones**

Un primer uso refiere a la trazabilidad, es decir, a la identificación inequívoca de determinados bienes –típicamente en situaciones en las que podrían verse adulterados o falsificados– y de cualidades asociadas –como precios, cantidades, procedencia–.

En Uganda, en el marco de una alta penetración de las medicinas falsificadas, el gobierno en asociación con la empresa británica MediConnect desarrolla un proyecto para seguir el recorrido de una droga a lo largo de la cadena de distribución para evitar falsificaciones basado en Blockchain.

Por su parte, en 2018 la Agencia de estándares Alimentarios (FSA) del Reino Unido concluyó una prueba piloto en un matadero vacuno utilizando blockchain para asegurar el cumplimiento de estándares alimentarios el sector. Se prevé que continúen los desarrollos en este sentido.

La FDA desarrolla desde 2017 un desarrollo conjunto venture con IBM Watson Health para asegurar el tratamiento de datos de los pacientes.

La oficina de propiedad intelectual europea (EUIPO) investiga cómo blockchain puede combatir las falsificaciones. En junio de 2019

el equipo Cryptomice se alzó con la victoria en un certamen organizado por la oficina en el que compitieron 11 equipos intentando desarrollar la mejor solución antifalsificación basada en blockchain (Macaulay, 2019).

El caso más notable es, sin embargo, el de China, que está liderando los usos no monetarios de blockchain (Yeung, 2019). Las ciudades de Shanghai, Shanxi, Henan, Guangzhou, Guiyang y Hangzhou, tienen programas para estimular el desarrollo de blockchain.

Entre las firmas de la potencia oriental, Alibaba es sin dudas la que lleva la delantera en blockchain en China y el mundo. En 2017 se otorgaron 417 patentes relacionadas con blockchain. La primera minoría correspondió al Banco de Pueblo de China, que obtuvo 68 patentes (Trachsler, 2019). La segunda, a Alibaba, que recibió 43. De acuerdo a fuentes de Alibaba, la compañía cuenta con el 10% de las patentes mundiales en blockchain. Esta política se ejecuta a través de varias compañías subsidiarias como Ant Blockchain Technology y Ant Double Chain Technology (Thompson, 2019). Entre ellas, Tmall Global y Lynx International se concentran en el seguimiento e identificación de los productos importados en distintos sectores. Alibaba, asimismo, trabaja con blockchain para asegurar la procedencia de

productos alimentarios (en asociación con Pricewaterhouse Coopers) y asegurar historias clínicas de los pacientes chinos (en alianza con el estado) (Trachsler, 2019).

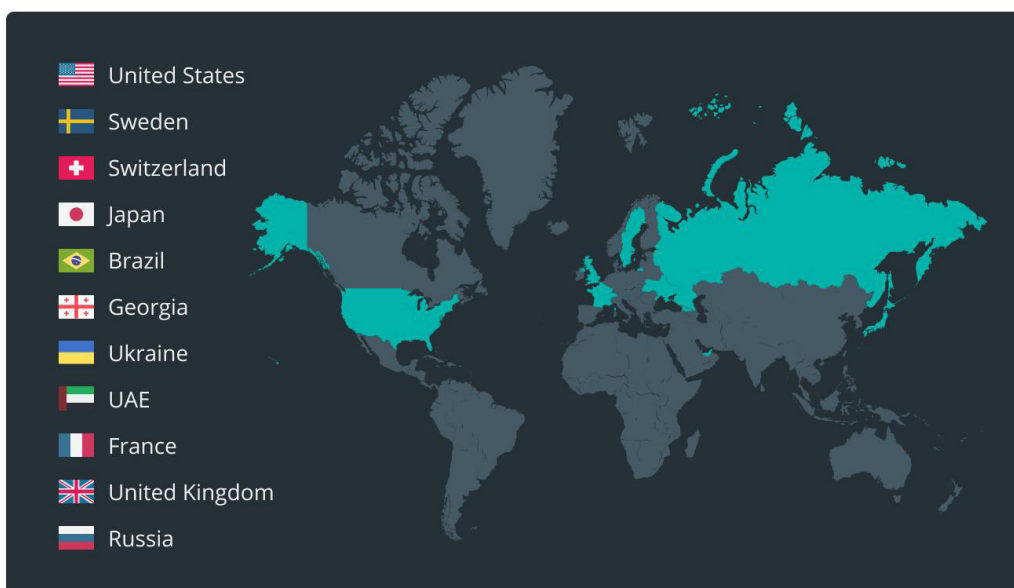
Para la Argentina, parece razonable pensar que las firmas de comercio electrónico puede ser socios estratégicos relevantes para diversos sectores, entre ellos la construcción, al efecto de implementar blockchain para los fines que se describen en este punto, aunque la participación del Estado parece igualmente relevante.

## 2. Registro de la propiedad

El registro de la titularidad de la propiedad inmueble, que requiere de inmutabilidad de las operaciones, atribuciones, cuya fiabilidad y facilidad de acceso pueden mejorarse ampliamente a nivel mundial, parece un blanco natural para la potencia de blockchain.

Así, el Reino Unido se encuentra estudiando a los usos de blockchain para el registro de propiedades y la compraventa de las mismas. Más avanzada se encuentra en este plano Georgia, donde hay una aplicación para un registro de la propiedad inmueble creada mediante la interacción del estado (Agencia Nacional del Registro público) y una firma privada (el Bitfury Group en este caso) basada en blockchain (en este caso en el de Bitcoin). En otros países hay avances similares.

Figura 2: Países implementando registros de la propiedad sobre blockchain



Fuente: Cointelegraph Analytics.

Este tipo de aplicación puede ser relevante, claro está, para el sector de la construcción toda vez que la baja de los costos de transacción inmobiliarios puede impactar en el costo total de construcción (Macaulay, 2019).

Suecia, que ya había digitalizado su registro de tierras en 1970, ha encarado recientemente su implementación en blockchain. La agencia de gobierno encargada del área, Lantmäteriet, se ha asociado con bancos y con el operador de telecomunicaciones Telia. En marzo de 2018 concluyó la segunda etapa de la prueba, utilizando exitosamente smart contracts y generando la expectativa de un ahorro de €100 millones para el fisco. El sistema incluye no sólo el registro de la titularidad, sino las transacciones entre compradores, vendedores, bancos, gobierno, brokers, etc.

Sin embargo, blockchain no sólo es relevante para el registro de la propiedad privada física, sino también para la propiedad intelectual.

Por ejemplo, Ujo Music es una plataforma que utiliza el blockchain Ethereum para gestionar el acceso distribución y compensaciones directas a los artistas por la música que aportan a la plataforma. También en el caso de las marcas, blockchain puede resultar fundamental para determinar la autenticidad de los productos y combatir las falsificaciones. O para determinar prioridades en el registro de patentes. El registro de marcas y patentes a través de blockchain podría abaratar y acelerar el proceso y, más aún, internacionalizarlo con relativa facilidad (Gürkaynak et al, 2018).

### **3. Licitaciones y compras del Estado**

Una de las problemáticas más acuciantes para los sectores económicos que participan en licitaciones y compras estatales en general refiere a la falta de transparencia en los actos de selección de propuestas y pago de las mismas. Blockchain posee un potencial importante para combatir las sospechas de corrupción y eliminar la opacidad que pudiera haber en tales procesos.

En Ucrania, en un contexto de inestabilidad política y acusaciones de corrupción, se desarrolló un sistema de licitación electrónica llamado ProZorro, un sistema que permite

vigilar todas las subastas públicas y supervisar las compras del Estado, utilizando blockchain.

En España, el Gobierno de Aragón hace uso de Blockchain en las compras públicas, mediante un registro descentralizado de ofertas de contratos públicos y smart contracts para evaluar las ofertas.

Para América Latina, el World Economic Forum recomendó específicamente a blockchain como una alternativa que podría colaborar a transparentar las licitaciones y disminuir la corrupción (Santiso, 2018).

En México, en 2018 se lanzó una prueba piloto para mejorar las licitaciones públicas llamado "Blockchain HACKMX". Se basa en la utilización de *smart contracts* en distintas etapas del proceso de contratación.

En Chile, el gobierno está probando blockchain para manejar las órdenes por las que 850 organismos del estado contratan 123000 empresas y realizan transacciones por un valor de USD 10.200 millones, a través de la plataforma Mercado Público (Sánchez, 2018: 28-9).

En Brasil, el estado de Bahia lanzó el 9 de julio de 2019 una aplicación, SOL Solução Online de Licitação, basada en blockchain que monitorea las ofertas públicas en las licitaciones gubernamentales. El objetivo es que unas 1100 asociaciones y cooperativas agrícolas hagan uso de esta tecnología (Gusson, 2019).

La aplicación de blockchain en un contexto geográfico y cultural relativamente cercano al argentino puede ofrecer ejemplos útiles para adaptar o imitar. Más específicamente, la experiencia de la incorporación de pequeñas firmas no necesariamente acostumbradas a interactuar con aplicaciones digitales puede resultar enriquecedora para aplicaciones en el sector de la construcción argentino.

### **4. Pago de subsidios estatales**

El Reino Unido ya en 2016, lanzó la iniciativa Blockchain as a Service, dentro del programa Innovate UK. En este caso blockchain se usa para pagar cheques de asistencia social (Welfare checks) y préstamos estudiantiles,



pero también permite reclamar pagos de pensiones (Blockstuffs, 2019). Aquí el concepto extrapolable es el de utilizar blockchain para verificar los tiempos y cantidades en dinámicas en las que, en su ausencia, intervienen numerosos agentes económicos que podrían alterar la magnitud del pago y adulterar el registro.

En los casos mencionados se observa un patrón relativamente común: la combinación de la acción del Estado, mediante marcos regulatorios, subsidios y otros incentivos, con las firmas privadas y, en algunos casos, otras instituciones (universidades, cooperativas, etc.).

Así, parecería que los casos de adopción de aplicaciones no monetarias de blockchain se ve favorecida fuertemente por los auspicios estatales. Aún en el caso de una empresa del volumen de Alibaba, su involucramiento en blockchain está enmarcado por la estrategia del gobierno chino.

Sin embargo, los ejemplos muestran que pueden ser distintos niveles del estado los que impulsen esas políticas: nacional, regional, local. En otras palabras, la ausencia de una estrategia nacional no debería impedir el abordaje de tácticas en niveles inferiores de gobierno.

### **5. Migraciones y explotación laboral**

El aprovechamiento de la falta de registro y de las necesidades de los trabajadores migrantes conduce a situaciones de explotación laboral en todo el mundo. Hong Kong alberga a casi 390.000 trabajadores migrantes, de las que el 98% son mujeres cuya principal ocupación es el trabajo doméstico. El punto clave es, no obstante, que, aprovechando la falta de registro, al 56% las agencias de empleo les cobran tarifas ilegales.

Frente a esto, la firma Blockchain Diginex y la Organización Internacional para las Migra-

ciones (OIM), de la ONU, lanzaron una iniciativa apoyada en blockchain para contrarrestar los efectos perniciosos de estas situaciones. Se trata de una plataforma pensada para ser utilizada por unas 1500 agencias de reclutamiento de personal doméstico. Denominado Autoevaluación del Sistema de Integridad de Reclutamiento Internacional para el Reclutamiento Ético (IRIS-SAFER), permite integrar a las empresas locales con agencias en los países de origen de las trabajadoras (Cripto 247, 2019).

Integrar el registro de los trabajadores mediante blockchain, sean inmigrantes o no, y las agencias de empleo con los procesos productivos de la industria de la construcción podría reportar mejoras para el sector y sus trabajadores.

### **c) Desafíos y límites**

La adopción de blockchain, no obstante, enfrenta obstáculos. En 2018 y 2019 la consultora Deloitte encuestó a más de 1000 ejecutivos de importantes empresas de variados sectores radicadas en Alemania, Canadá, China, Estados Unidos, Francia, México y Reino Unido. Se trataba de empresas involucradas con blockchain en mayor o menor medida, ya que la mitad de los encuestados declaraba que sus compañías estaban trabajando para incluir blockchain en su cadena de insumos. El contraste entre ambos años ofrece un resultado mixto. Por un lado, el 43% en 2018 y el 53% en 2019 consideraba que blockchain era una de las 5 prioridades de la empresa. Sin embargo, la adopción de iniciativas concretas bajó del 34% en 2018 al 23% en 2019.

En ese marco, se enumeraron algunas barreras para la adopción de blockchain, como muestra la tabla siguiente.

Tabla 2.3

| Barrera a la adopción  | 2018 | 2019 |
|--|------|------|
| Asuntos legales y reglamentarios   | 39%  | 30%  |
| Reemplazo del sistema heredado   | 37%  | 30%  |
| Posibles amenazas de seguridad   | 35%  | 29%  |
| Retorno de inversión incierto  | 33%  | 28%  |
| Falta de habilidad / comprensión interna   | 28%  | 28%  |
| No es una prioridad comercial actual   | 22%  | 17%  |
| La falta de una aplicación convincente de la tecnología                            | 22%  | 23%  |
| La tecnología no está probada  | 20%  | 20%  |
| Preocupaciones sobre la sensibilidad de la información respecto de la competencia. | 20%  | 25%  |
| Ninguna  | 6%   | 8%   |

Fuente: Deloitte, 2019.

Varias categorías señalan un descenso en la percepción de obstáculos. Así, tenemos dos situaciones: obstáculos que siguen en valores altos pero han descendido en el último año (asuntos legales, reemplazar sistemas previos, seguridad, retorno de inversión incierto), y otros que se mantienen en valores algo más bajos, pero relevantes y sostenidos: falta de una aplicación convincente, la tecnología no está probada y preocupaciones sobre el destino de información relevante para la competencia y, sobre todo, falta de destrezas en la organización para incorporar blockchain.

## d) Blockchain en Argentina

Aunque los principales desarrollos de blockchain en la Argentina están ligados a criptomonedas, hay numerosos proyectos de aplicaciones no monetarias de blockchain en curso.

### 1. Blockchain Federal Argentina

La iniciativa sistémica más relevante, que integra actores estatales, académicos y empresariales es Blockchain Federal Argentina (BFA), lanzada en 2018. Se trata de una plataforma multiservicios abierta y participativa pensada para integrar servicios y aplicaciones sobre blockchain impulsada por NIC Argentina, la Cámara Argentina de Internet - CABASE y la Asociación de Redes de Interconexión Universitaria (ARIU).

**Gráfico 1: Blockchain Federal Argentina**



**Fuente:** <https://bfa.ar/bfa/que-es-bfa>

La iniciativa aspira a concretar una plataforma nacional pública y gratuita, basada en Software Libre, con la particularidad de no estar a una criptomoneda asociada, pensada para soportar desarrollos de todos los actores sociales y económicos.

Actualmente, cuenta con numerosos actores asociados (“partes”) provenientes de distintos sectores:

**Tabla 2.4: Partes de Blockchain Federal Argentina**

| Administración pública Nacional      | NIC Argentina, Oficina Nacional de Tecnologías de la Información, ONTI Agencia Nacional de Seguridad Vial, Ministerio Público Fiscal, Prefectura Naval Argentina.   |
|--------------------------------------|---|
| Gobiernos provinciales y municipales | Municipalidad de Carlos Casares, Secretaría de Modernización de Neuquén, Secretaría de Modernización de la Nación, Subsecretaría de Sistemas y procesos (CABA), Superintendencia de Riesgos del Trabajo.  |
| Académicos                           | Asociación de Redes de Interconexión Universitaria (ARIU), Facultad de Ingeniería de la UBA, Universidad de Palermo, Universidad Nacional de Córdoba, Universidad Nacional de San Juan, Universidad Provincial del Sudoeste (UPS), Planta Piloto de Ingeniería Química (Plapiqui), Facultad de Ciencias de la Administración de la UNER, Universidad de Buenos Aires, Universidad de Palermo. |
| Empresas                             | ECOM S.A., Everis, Garbarino. ITC SA, KYAS, Marandú Comunicaciones, Naturgy, Prince Consulting, Red Link, BaheHost, Belatrix, C&S, CABASE, CESSI Argentina, Practia, Ultima Milla.  |
| Sociedad Civil                       | Asociación para el Progreso de las Comunicaciones, Fundación Activismo Feminista Digital, Desarrollo Digital, Cámara Argentina de la Construcción.  |
| Colegios profesionales               | Colegio de Escribanos de la Ciudad de Buenos Aires, Colegio de Escribanos de la Provincia de Buenos Aires, Colegio de Médicos de la Provincia de Buenos Aires, Distrito III, Colegio de Sociólogos de la Provincia de Buenos Aires.   |

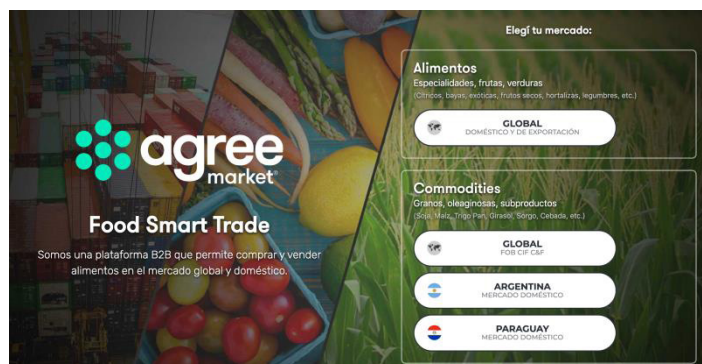
**Fuente:** <https://bfa.ar/sites/default/files/2019-09/20190906-PresentacionBFA-OpenLabGCBA.pdf>



En las presentaciones se enumeran los siguientes “casos de uso”: Sello de Tiempo (BFA), Smart Voting (BFA), Firma Conjunta de Documentos (GDE), Libros Digitales SAS (Secretaría de Modernización), Carpeta Ciudadana (Ciudad de Buenos Aires), Portadocumentos Digital (RedLink), Actas Universitarias (Universidad Nacional de Córdoba), Edición digital del Boletín Oficial de la República Argentina (Secretaría Legal y Técnica), Publicación de Altas y Transferencias de Dominios de Internet (NIC Argentina), Pagarés Digitales (Garbarino), Publicación de Altura de Ríos (Prefectura Naval Argentina), Licitaciones Públicas (Oficina Nacional de Compras), Pólizas Digitales (Superintendencia de Riegos del Trabajo), Publicación de Datos Abiertos (ENACOM), Títulos Universitarios (SIU), Sistema de Documentos Notariales Digitales - GEDONO (Colegio de Escribanos CABA).

Sin embargo, no queda claro en qué etapa se encuentra cada una de estas aplicaciones. En cualquier caso, BFA podría ser un socio importante para que los actores del sector construcción implementen blockchain.

## 2. Agree Market



Fuente: <https://www.agreemarket.com/>

Fundada en 2017, Agree Market es un plataforma B2B que utiliza la blockchain de IBM para la comercialización de commodities agrícolas. A través de la plataforma se pueden comprar y vender maíz, trigo, girasol, soja, subproductos y especialidades en distintos mercados.

Pese a que la información respecto del grado de maduración no está sistematizada de manera inequívoca, parece haber varios proyectos que se espera converjan en Blockchain Federal Argentina.

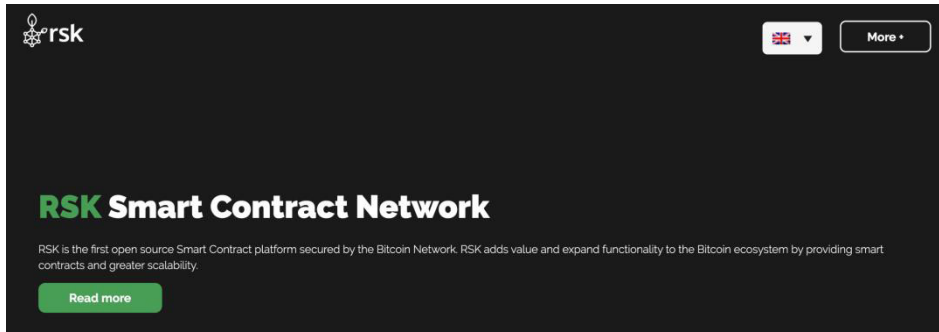
Por un lado, los libros digitales de las sociedades anónimas simplificadas. Por otro, el BORA (Boletín Oficial de la República Argentina). En tercer lugar, el sistema COMPR.AR, es decir, las licitaciones del estado. Una de las características consiste en que los oferentes envían sus ofertas a último momento, por desconfianza a que la información fuera enviada maliciosamente a competidores. Esto puede solucionarse mediante la utilización de hash específicos para que el registro encriptado y fechado pero a la vez público esté garantizado.

Asimismo, se menciona la posibilidad de aplicar BFA para los registros de la propiedad inmueble, automotor y legajos de diversa índole (Martelli et al, 2019).

La plataforma se usa para subir contratos y el historial de la negociación, para así certificar que no haya alteraciones y garantizar la trazabilidad.

En 2019 contaba con 50 empresas registradas con sedes en países como Gran Bretaña, Paraguay, Brasil, Estados Unidos, Rusia, India, Singapur, Japón, entre otros.

### 3. Proyecto Rootsstock, de RSK Labs

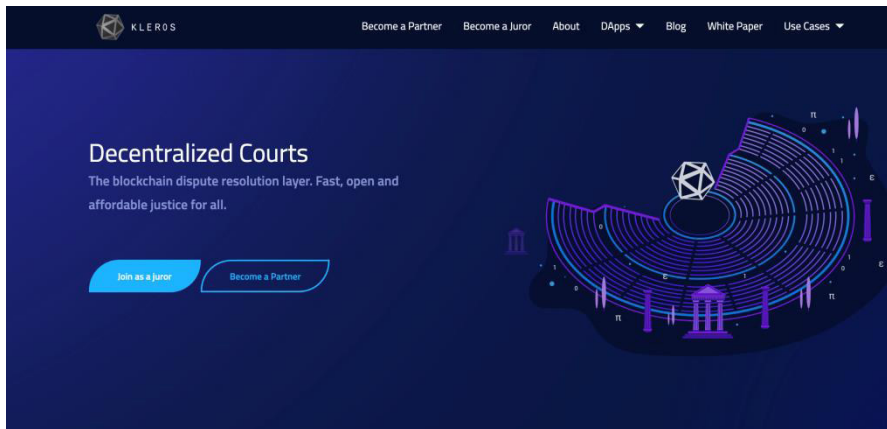


Fuente: <https://www.rsk.co/>

RSK se presenta como la “primera plataforma de Contratos Inteligentes de código abierto asegurada por la Red de minería Bitcoin”. Mientras que el blockchain de Bitcoin no permitía utilizar contratos inteligentes (que fueron aportados por el blockchain de Ethereum) RSK promociona el haber integrado los smart contracts en la blockchain más grande y difundida.

Entre las organizaciones que trabajan con la plataforma están Tarjeta Naranja de Argentina, el Banco del Pacífico de Ecuador y el Banco Davivienda de Colombia. Pese a que RSK está orientada hacia aplicaciones monetarias, sus smart contracts pueden ser utilizados para otros fines. En 2018 ya habían recibido USD 4,5 millones en inversiones.

### 4. Kleros



Kleros es un sistema de resolución de disputas basado en incentivo cripto-económicos. Está basado de un lado, en formas de azar que pueden rastrearse hasta la antigua democracia ateniense; de otro, en el concepto de focal points de la teoría de los juegos, Kleros produce un conjunto de incentivos para usuarios seleccionados al azar para resolver disputas de un modo rápido, barato y seguro, de acuerdo con la empresa. Kleros se presenta como el primer sistema de una nueva tecnología, industria y campo, que

denomina “justicia descentralizada”. Busca apalancar la sabiduría de las multitudes para resolver una gran cantidad de disputas en las que los métodos tradicionales son insuficientes o lentos: e-commerce, crowdfunding y otros.

En este sentido, ante la emergencia de disputas entre distintos actores del sector que no pudieran resolverse con contratos inteligentes, puede resultar útil la aplicación de sistemas como el que propone Kleros.

## 5. Signatura



Fuente: <https://signatura.co/>

Signatura es una empresa dedicada a la certificación digital con sede en Buenos Aires y fundada en 2016. Específicamente, certifican la autoría, la fecha cierta y la inmutabilidad de la información digital. La empresa declara contar con 3.000 usuarios en todo el mundo (principalmente de Europa y Estados

Unidos) y USD 450.000 en capital de riesgo. Funciona sobre el blockchain de Bitcoin.

Los sistemas de certificación digital de las firmas pueden aliviar sensiblemente los costos de transacción de diversas industrias, la construcción entre ellas.

## 6. Nydro

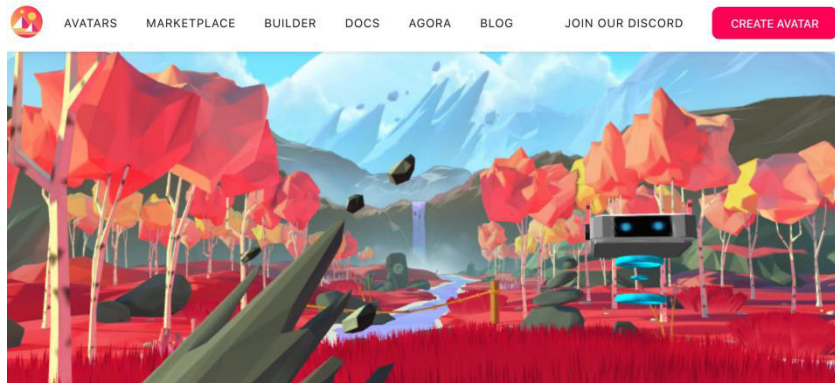


Fuente: <https://nydro.energy/>

Nydro Energy es una empresa que busca combinar el suministro de electricidad y acceso a Internet. Desarrolla hardware y software para redes eléctricas, específicamente, un medidor inteligente con sensores e in-

teligencia artificial para analizar el consumo de energía y equilibrar la distribución en un barrio dado. Para lograr esto, estamos mezclando las tecnologías AI, blockchain, Internet of Things y Power Over Fiber.

## 7. Decentraland



Fuente: <https://decentraland.org/>

En 2015 Esteban Ordano y Ari Melich comenzaron a desarrollar Decentraland, un juego virtual centrado en la ciudad Genesis City. Basado en Ethereum para registrar las propiedades, la empresa vende metros cuadrados de esta ciudad virtual en una moneda llamada MANA. El metro cuadrado cuesta

entre USD 6 y USD 8400, dependiendo de la ubicación, y la propiedad más cara se re-mató en USD 180.000, aunque hay otra en venta por USD 800.000 y los jugadores llevan ya invertidos unos USD 29 millones en esta primera ciudad.

# 3. CONSTRUCCIÓN Y TECNOLOGÍAS DIGITALES

## 3.1 Limitaciones para la digitalización de la construcción

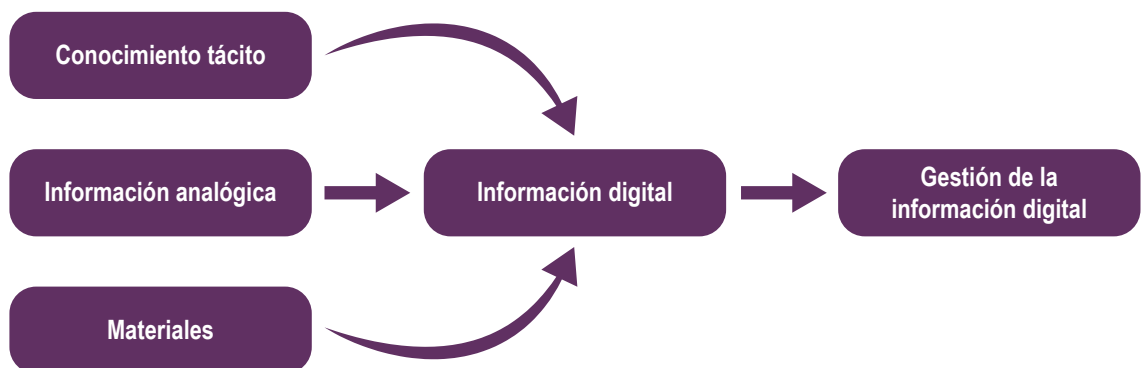
Las innovaciones, el crecimiento económico y las ganancias de la productividad obedecen en buena medida, a la posibilidad de incorporar nuevos conocimientos.

En la presente etapa, el capitalismo informacional o cognitivo, las ganancias de productividad están asociadas a la codificación de distintas formas de conocimiento como información digital (que puede copiarse y transmitirse con bajos costos).

Sin embargo, en el sector de la construcción, especialmente en las obras, hay una escasa codificación de los saberes. Numerosos oficios y tareas se mantienen en el nivel de los conocimientos tácitos o implícitos (se ejercen sin poder explicarse verbalmente o descomponerse en un conjunto de instrucciones). A su vez, la información analógica todavía es relevante. Y se utiliza a los humanos como sensores (anotando, midiendo).

Así, un primer cuello de botella consiste en la traducción de distintos flujos y stocks de conocimientos, materia y energía a información digital. Este desafío puede resumirse del siguiente modo.

Figura 3.1: Desafíos para la digitalización de la producción en la construcción



Fuente: elaboración propia.

En primer lugar, entonces, se trata de codificar los saberes que se mantienen en un nivel individual o colectivo humano, pero que no pueden ser expresados como conjuntos de reglas, procedimientos o descripciones detalladas. Esto involucra a actividades llamadas usualmente manuales, en las que a ve-

ces no se reconoce el componente cognitivo que, sin embargo, resulta crucial.

En segundo lugar, hay que lograr que la información analógica se traduzca a información digital. Que los cuadernos, libretas, vales, identificaciones y toda otra forma de regis-

tro en papel o similar tomen algún formato digital. Se estima que se pierde un día de trabajo por semana del personal que recorre obras realizando informes manualmente y en tareas afines (Finalcad, 2018).

En tercer lugar, se debe reemplazar a los humanos por sensores digitales allí donde sea posible. Durante mucho tiempo, los humanos fueron los sensores más eficientes y económicos, contando cantidades, midiendo extensiones o traduciendo cantidades físicas a información analógica. Sin embargo, cada vez más, los sensores digitales pueden reemplazar a los humanos para obtener resultados más económicos y más confiables. Y, en el sentido inverso, la creación de productos materiales a partir de determinada información era –y en buena medida sigue siendo– un proceso comandado por humanos. Sin embargo, la automatización de las maquinarias, y particularmente la impresión 3D, permiten la traducción de información digital en materiales específicos sin actividad manual humana.

Analíticamente, sólo después de estos desafíos aparece la dificultad siguiente: gestionar la información digital de modo eficiente, seguro y confiable para todas las partes interesadas.

Estas dificultades se suman a tres fenómenos señalados en trabajos previos de CAMARCO (Lacaze, 2018): a. Bajo grado de homogeneidad de los proyectos. b. Inmovilidad del producto. c. Limitación temporal de las interacciones.

Las tres se combinan para que la sistematización, codificación y estandarización de la producción sea limitada.

Con todo, la industria de la construcción está abocada a aprovechar las ventajas de las tecnologías digitales e internet, en un proceso que incluye a blockchain, pero lo excede largamente.

## 3.2 Herramientas para la digitalización de la construcción

En base a la distinción anterior podemos dividir los avances de las tecnologías digitales en la construcción.

La construcción ha realizado en buena medida la traducción de la información analógica a la digital en la etapa del diseño.

En la relación entre información digital y materiales tenemos importantes avances:

1. **Sensores inteligentes:** los sensores (cámaras, termómetros, etc.) proveen información sobre el funcionamiento de edificios, sobre el ciclo de vida de los insumos utilizados, de la obra, entre otros.
2. **Internet de las Cosas:** el término refiere a la interconexión a través de internet de objetos diferentes de computadoras. Típicamente, alude a artefactos domésticos como heladeras o lavarropas que solicitan al supermercado el suministro de cierto producto cuya falta notan, o aires acondicionados que regulan su temperatura en función de datos sobre la temperatura externa. En el sector de la construcción, refiere a que los sensores inteligentes puedan conectar insumos, transporte, logística y alimentar bases de datos en BIM o blockchain, por ejemplo.
3. **Drones:** los drones (vehículos no tripulados) son artefactos que combinan diversos sensores con funciones robóticas. En la construcción sirven, por ejemplo, para hacer análisis estructurales –por ejemplo, evaluar el mantenimiento de puentes y otras grandes estructuras– y relevamientos de tierras a través de escaneos.
4. **Realidad Virtual:** la realidad virtual ofrece numerosas opciones para aumentar la productividad en el sector. Por un lado, la posibilidad de recorrer una obra desde cualquier lugar del mundo y visualizar en el espacio aque-



llo que se proyecta, permitiendo realizar ajustes y modificaciones. Por otro lado, funciona para realizar entrenamientos y distintas actividades formativas sin los riesgos económicos y físicos que implica la actividad en la obra misma.

5. **Impresión 3D:** refiere a la fabricación por adición de capas de material, creando un objeto tridimensional desde un diseño digital. Resulta particularmente útil para crear objetos de dimensiones pequeñas y medidas extremadamente específicas, cuya reposición o diseño manual resulta costoso o imposible. En la construcción, especialmente en obras de pequeña escala en las que se necesita reemplazar piezas que ya no se producen o que habían sido defectuosas la impresión 3D puede realizar aportes sustantivos. Por otro lado, también se están realizando construcciones con hormigón proyectado a través de esta tecnología.

Sin embargo, los avances más importantes en la digitalización de la construcción refieren a la gestión e integración de la información digital. En ese sentido, el aporte más influyente en la actualidad es el de BIM.

BIM (*Building Information Modelling*) suele asociarse con la utilización de determinado software pero consiste, en realidad, de un conjunto de métodos y procesos que, de manera complementaria, se ayudan con herramientas informáticas. Esencialmente, refiere a una visión integral del proyecto constructivo, organizando el trabajo alrededor de la información digital compartida. Como señala un informe de CAMARCO:

---

*En esencia, se trata de una metodología a partir de la cual los diferentes involucrados en la vida del proyecto (desarrolladores, diseñadores, contratistas y subcontratistas, usuarios finales u operadores, etc.) generan y comparten información sobre el mismo codificándola y organizándola en función de los mismos padrones. El resultado es una plataforma colaborativa en la cual la generación de información se produce de manera descentralizada con información compartida en tiempo real (Lacaze, 2018).*

---

BIM supone integrar distintas clases de información y relacionarlas. Es usual nombrarlas como distintas “D” atribuyéndoselas al término “dimensiones”. De este modo, BIM incluye:

- 3D: Datos geométricos
- 4D: Sumar la dimensión temporal.
- 5D: Añadir factores de producción y costos: mano de obra, insumos y equipos.
- 6D: Adicionar la dimensión energética de la edificación construida.
- 7D: Incluir el mantenimiento y reemplazo de insumos.

La adopción de BIM despierta pronósticos optimistas. Penzes (2018) calculaba que para 2023 el 61% de los proyectos de nivel mundial utilizarían BIM en buena medida. Más allá de las dificultades metodológicas para realizar y juzgar estas estimaciones, parece haber algunos obstáculos relevantes desde una perspectiva basada en las ciencias sociales.

En primer lugar, como se señaló más arriba, el funcionamiento de BIM depende de la superación de los obstáculos a la digitalización. Se requiere que la información analógica, los conocimientos tácitos humanos y los flujos y stocks de materiales y energías se traduzcan a información digital, para que luego BIM pueda integrar y gestionar ventajosamente esa información. Sin embargo, en particular en relación a los conocimientos tácitos humanos, la tarea no es tan simple. Los estudios de la economía de la innovación y los estudios sociales de la ciencia y la tecnología muestran que los conocimientos tácitos se mantienen de ese modo por dos razones que se combinan. De un lado, la dificultad para explicitarlos. De otro, más importante, los actores pueden no contar con incentivos económicos para explicitar/codificar sino, incluso, más bien lo contrario: la codificación de saberes suele estar asociada a una pérdida de poder relativo, de control sobre esos conocimientos (que ahora quedan bajo la empresa, incluso en términos legales). Más allá de estas cuestiones, que suponen sujetos racionales con arreglo a fines, es decir, maximizadores de beneficios, hay factores “culturales” o “sociales” que condicionan la explicitación y codificación de conocimientos: las costumbres

y las tradiciones respecto de las destrezas subjetivas, pero también acerca de las formas organizacionales, están fuerte e inconscientemente asociadas a valores. Moldean modos de hacer que no se modifican mediante razonamientos ni, en algunos casos, tampoco en relación estímulos económicos.

De este modo, la gestión del conocimiento, en el sentido de la explicitación y codificación digital, no es una cuestión meramente técnica, sino que exige transformaciones multidimensionales que incluyen decisivamente diversos factores sociales.

En segundo lugar, BIM presenta una característica que puede disuadir a algunos actores: la base de datos y la toma de decisiones sobre el proyecto se encuentran centralizados. En contextos en los que la confianza entre los numerosos actores es baja, este rasgo puede resultar problemático, toda vez que las partes puede juzgar que quienes controlan la plataforma pueden aprovechar esta circunstancia para favorecer a determinados actores

en detrimento de otros. Específicamente, la centralización está asociada a la dificultad para controlar que los registros no se alteren.

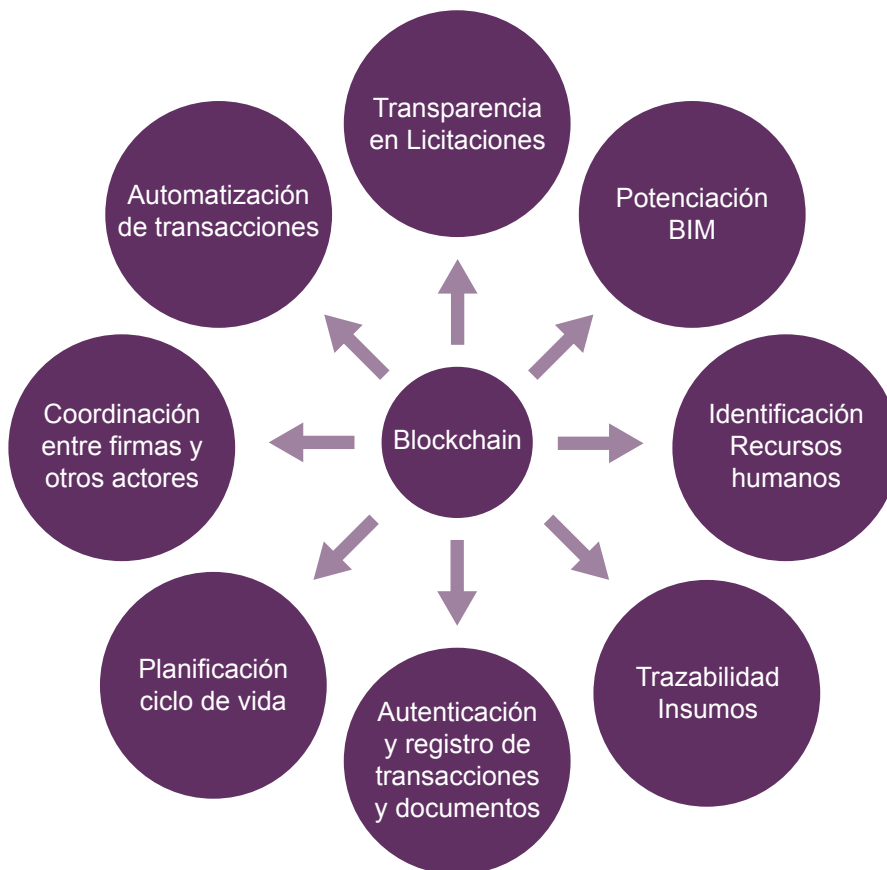
Es aquí donde aparece la potencia de blockchain para complementar a BIM: la descentralización, la inmutabilidad del registro, la transparencia y la confianza que ambas generan.

### 3.3 Blockchain en la construcción

Si bien los usos de blockchain en la construcción son incipientes, hay algunas sistematizaciones a nivel internacional respecto de sus potencialidades para el sector. (Meed, 2019; Penzes, 2018; Li et al, 2019; Wang et al.).

De manera específica (es decir, dejando de lado los usos complementarios como los registros de tierras y de manera más general a las operaciones inmobiliarias), hay al menos ocho tipos de usos que resulta relevante mencionar.

Figura 3.2: Aplicaciones de blockchain en la construcción



Fuente: Elaboración propia.



## 1. Autenticación y registro de transacciones y documentos

Blockchain permite contar con certificación de fechas y verificación de la autenticidad de los más variados documentos que circulan en el proceso constructivo. Los registros contables son sólo un caso particularmente relevante de esos registros. Es decir, la certificación de que se han producido pagos o de que determinado documento es auténtico son similares.

## 2. Automatización de transacciones

Blockchain permite, típicamente a través de los *smart contracts*, automatizar transacciones. Así, se pueden realizar pagos ante el cumplimiento de determinada condición –la entrega de un insumo, la provisión de un servicio– que es verificada por el sistema. Naturalmente, esto baja los costos de transacción y mejora la confianza de los actores, que saben que el cumplimiento y pago no depende de arbitrariedades humanas sino de contratos prefijados y ejecutados de manera automática.

Por ejemplo, la figura 2 muestra un ejemplo de un smart contract basado en el blockchain de Ethereum. El contrato estipula que si la temperatura en la obra supera los 40 grados, el cliente abonará un cierto recargo al contratista.

Figura 2: Smart contract en Ethereum

```
SOLIDITY CONTRACT SOURCE CODE

1  pragma solidity ^0.4.2;
2
3
4  contract MyContract {
5      /* Constructor */
6      address public contractor;
7      uint256 public allowance;
8      uint256 public temperature;
9
10     mapping (address => uint) public balanceOf;
11     event Transfer(address _from, address _to, uint value);
12
13
14     function token(uint supply) {
15         balanceOf[msg.sender] = supply;
16     }
17
18     function transfer (address contractor, uint256 allowance) {
19         if (temperature < 40) throw;
20         if (balanceOf[msg.sender] < allowance) throw;
21         if (balanceOf[contractor] + allowance < balanceOf[contractor]) throw;
22
23         balanceOf[msg.sender] -= allowance;
24         balanceOf[contractor] += allowance;
25         Transfer (msg.sender, contractor, allowance);
26
27     }
```

Fuente: Wang et al, 2017.

Por supuesto, los contratos inteligentes pueden implicar condiciones más complejas, combinar pagos y relacionarse entre sí.

### 3. Potenciación BIM

Una de las limitaciones que presenta BIM es la desconfianza que puede generar una base de datos centralizada. Los numerosos actores que participan en un proyecto podrían temer que la base fuera manipulada a favor de algunos actores y en detrimento de otros. Así, blockchain aparece como un complemento ideal de BIM, generando descentralización, autenticación, seguridad y confianza entre las partes.

### 4. Identificación de los recursos humanos

La alta rotación de los equipos de trabajo dificulta el conocimiento de los trabajadores y contratistas y la conservación de legajos o historias de su trabajo en el sector. Blockchain puede ofrecer sistemas de registro del empleo que permitan conservar antecedentes como beneficio para el empleador y constancia de las prestaciones laborales para los empleados. Toda la información relativa a la salud, la seguridad social, salarios, aportes patronales y otros datos relevantes pueden ser gestionados de modo eficiente mediante blockchain.

Del mismo modo, las competencias profesionales no acreditadas en titulaciones de la educación formal (oficios, idoneidad, experiencia en rangos determinados) pueden ser registradas en la cadena de bloques de modo incorruptible, con el beneficio adicional de que se encuentra disponible a nivel internacional.

### 5. Trazabilidad insumos

Blockchain puede resultar fundamental en la cadena de suministros. Mediante códigos escaneables el origen y recorrido (incluyendo precios) de los materiales de la construcción puede certificarse y cada transacción queda registrada.

### 6. Planificación del ciclo de vida

Blockchain puede facilitar el desarrollo longitudinal del ciclo de vida de los edificios y otras construcciones. La planificación del reemplazo y mantenimiento puede facilitarse mediante esquemas de contratación y registro realizados mediante blockchain y *smart contracts*. Puede explorarse la administración de la construcción en sí como una DAO, que encarga determinados servicios y productos. En el mismo sentido, blockchain puede servir para gestionar los desechos, controlar las emisiones de CO<sub>2</sub> y planificar y registrar la relación de la construcción con el ecosistema.

### 7. Coordinación entre firmas y otros actores

Una de las grandes dificultades que enfrenta la industria de la construcción es la coordinación de grandes cantidades de actores y, más precisamente, gran cantidad de partes interesadas en un mismo proceso productivo. Por ejemplo, el proyecto Crossrail en Londres, tiene 700 proveedores –sólo del Reino Unido–. El Burj Khalifa, en Dubai, llegó a tener 12000 trabajadores de más de 100 países simultáneamente. Los costos de manejar semejantes cadenas de suministros, trabajadores, seguir sus progresos, tramitar pagos y mantener registros son muy elevados (Penzes, 2018). De manera más general, en esos proyectos pero también en los que son mucho más modestos, son extremadamente frecuentes las dilataciones, demoras, errores y accidentes. Los costos de dirimir las responsabilidades y penalidades son elevados y se traducen en imprevisibilidad y mermas en los márgenes de ganancia.

Blockchain puede colaborar con la solución de esta situación, tratando de mermar la fragmentación y desconexión entre procesos, firmas y servicios, y especialmente, entre diseño y construcción. Para distintos actores, la fuente principal de esa desconexión es la falta de confianza, de información transparente en la cadena, de modo que blockchain podría ofrecer mejoras importantes (MEED, 2019).

En este sentido, es remarcable el avance del *Construction Blockchain Consortium (CBC)*, del Reino Unido. Se trata de una organiza-

ción sin fines de lucro impulsada por académicos y actores de la industria que busca apoyar la transferencia de conocimientos, arreglar presentaciones académicas y comerciales, evaluar y testear servicios y tecnologías, realizar investigación e impulsar políticas de regulaciones y comprensión de las consecuencias de la contabilidad distribuida y blockchain y sus servicios relacionados. También desarrollar tecnología para los miembros del consorcio. Entre los socios encontramos a empresas como: Arcadis, Arup, Autodesk, CSTB, Foster+Partners, IBM, Mace, Siemens, Skanska, Zaha Hadid. Los miembros, incluyen a: Alpha Corporation, Brickschain, Buildoffsite, Clyde&co, Luca UK, Mischon de Reya, NBS, Scape Group, Turner & Townsend.

Las actividades de varios de estos miembros son interesantes. Algunas empresas integran las soluciones novedosas con actividades tradicionales en la industria de la construcción. Otras ofrecen servicios extremadamente enfocados en blockchain para la construcción. Por ejemplo, Brickchain se propone registrar todos los edificios en construcción en el mundo, durante su construcción y su comercialización. Busca conectar la tecnología previa (emails y sistemas de contabilidad y diseño) para crear un registro distribuido en blockchain.

## 8. Transparencia en licitaciones

Los gobiernos del mundo son usualmente el principal cliente de la industria de la construcción (Barima, 2008). La aplicación de blockchain por parte de los gobiernos para transparentar y eficientizar los procesos de licitación puede tener efectos importantes sobre todo el sector.

Autores como Robles (2015) describen un tipo de smart contract para licitaciones llamado Bid-Pool, que haría descender los costos de las licitaciones de manera masiva, reduciendo los costos marginales de los oferentes adicionales, la corrupción, y el conflicto de interés.

Por otro lado, la utilización por parte de los gobiernos de blockchain para licitaciones tendría un efecto adicional: el de traccionar la adopción de blockchain en todo el sector. Es posible que este sea un punto de entrada clave para la masificación de la incorporación de blockchain en la industria de la construcción.



# 4. LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN ARGENTINA

El sector de la construcción es un pilar de la economía argentina en términos de su aporte a la generación de empleo y producto.

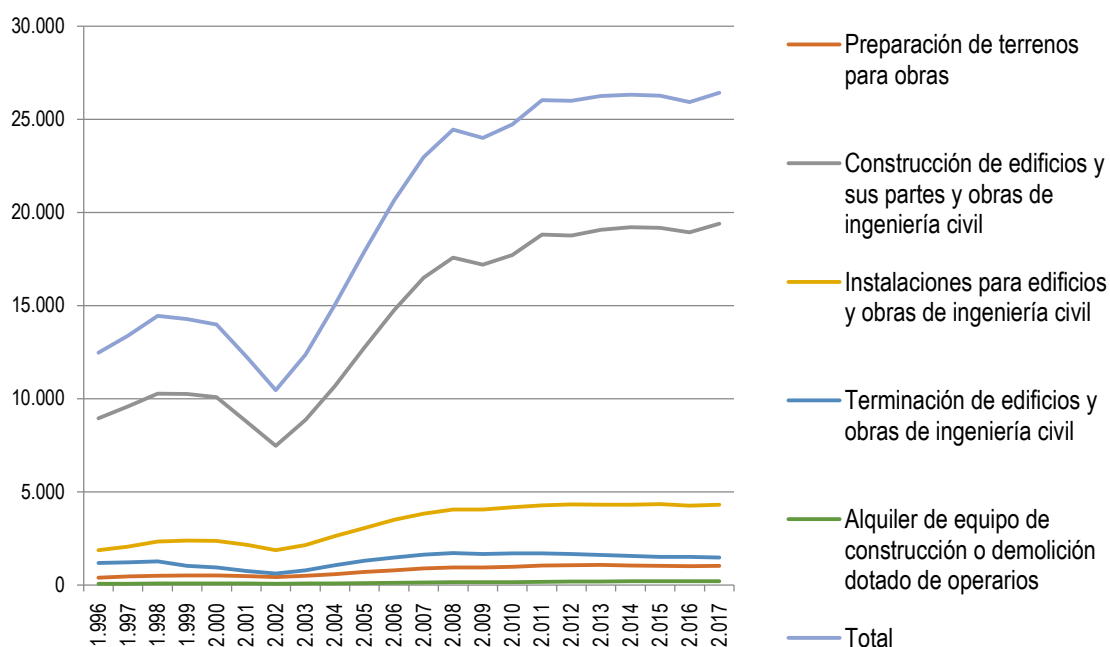
En esta sección se busca caracterizar someramente al sector en términos de empresas, empleo, generación de riqueza, productividad y relación con las tecnologías informáticas al efecto de aproximarse al potencial y limitantes que las innovaciones tecnológicas informacionales en general y blockchain en particular podrían tener.

## 4.1 Empresas y trabajadores

El sector presentaba hacia 2017 más de 26.000 firmas, manteniéndose esta cifra relativamente constante desde 2011, luego de la fuerte expansión del período 2002-2008 y un crecimiento menor entre 2008 y 2011. La cantidad de firmas, de este modo, está previsiblemente relacionada con los ciclos macroeconómicos de la Argentina.

En términos de las actividades que realizan, más del 70% de las firmas se concentra en la construcción de edificios y sus partes y obras de ingeniería civil.

Gráfico 4.1: Cantidad de empresas en el sector de la construcción (1996-2017)

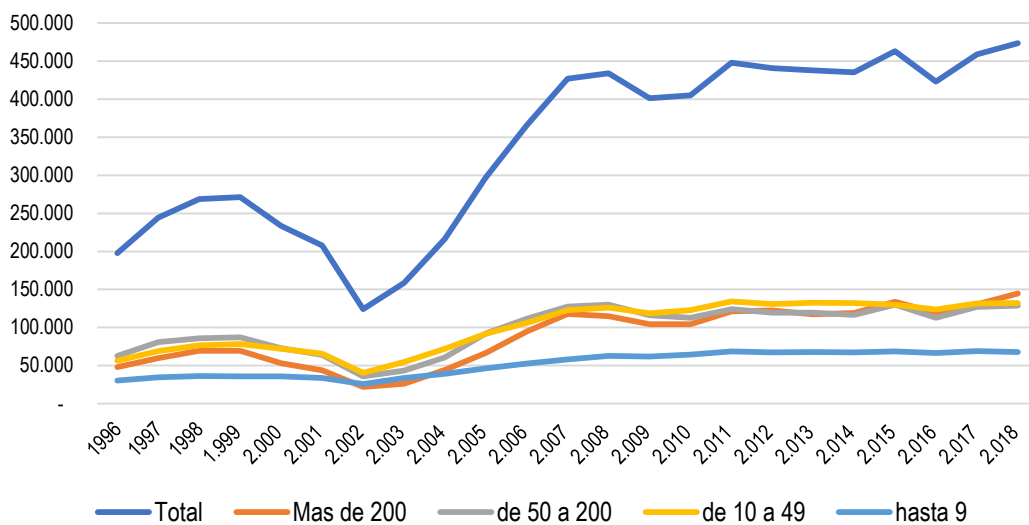


Fuente: elaboración propia en base a datos del OEDE e INDEC

Los trabajadores registrados en el sector privado siguen una evolución similar, tratándose de unos 473.000 en 2018. Estos se dividen en cantidades relativamente similares entre las firmas de 10 a 49, 50 a 200 y más de 200 empleados. Las empresas de menos de 10 empleados, por su parte, ocupan una cantidad importante de trabajadores en términos

absolutos. Más aún, presentan un comportamiento ligeramente diferencial: la cantidad de empleados cayó en menor medida que en los otros tipos de firma en los períodos de contracción económica e, inversamente, los incrementos en sus cantidades de empleados fueron más leves en los ciclos expansivos.

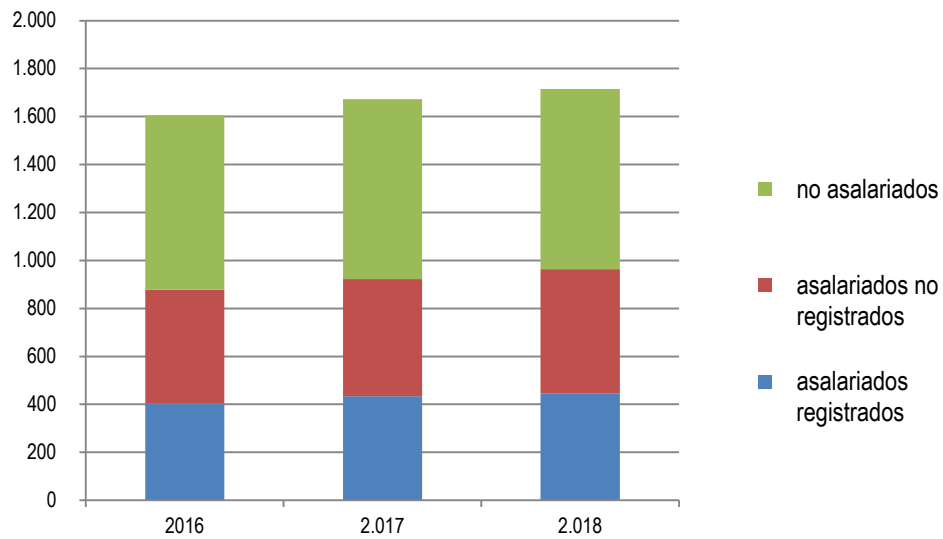
**Gráfico 4.2:** Evolución de la cantidad de trabajadores registrados privados en empresas de la construcción, según cantidad de empleados de la empresa (1996-2008)



**Fuente:** elaboración propia en base a datos del OEDE-SIPA

El sector se caracteriza por una alta presencia de informalidad laboral (incluso superior a la alta informalidad de la economía argentina) que se expresa tanto en los trabajadores asalariados no registrados como en los trabajadores no asalariados. Así, de acuerdo a los datos del INDEC, el sector empleó un total de 1.700.000 trabajadores en 2018.

**Gráfico 4.3:** Proporción de trabajadores asalariados registrados, no registrados y no asalariados en el sector de la construcción (2016-2018)

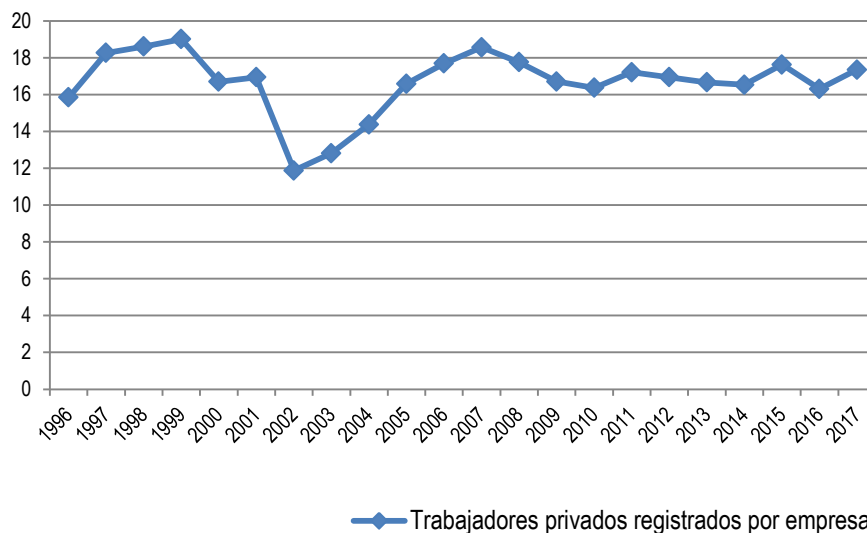


**Fuente:** elaboración propia en base a datos del INDEC.

Ahora bien, la incorporación de tecnología puede mensurarse con diversos indicadores proxy. Uno de ellos es el de la relación entre la cantidad de empresas y trabajadores. Si se produce una incorporación de tecnología es esperable una reducción de los trabajadores por empresa.

Sin embargo, en el período 1996-2017, la cantidad de trabajadores registrados por firma no ha sufrido grandes modificaciones, si se deja de lado la caída asociada a la crisis de 2002.

**Gráfico 4.4:** Cantidad de trabajadores privados registrados por empresa del sector construcción



**Fuente:** Elaboración propia en base a datos del OEDE-SIPA e INDEC.

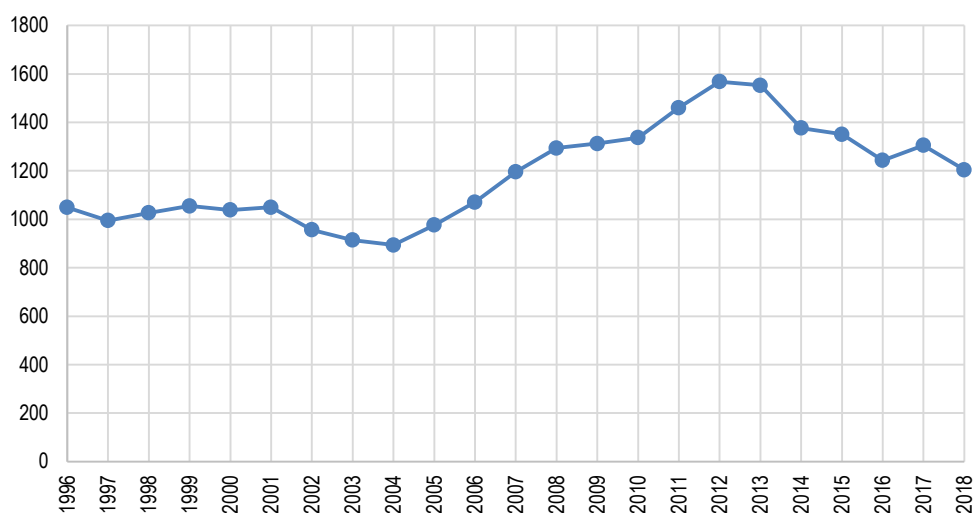
La relación entre las firmas y los empleados registrados es especialmente relevante porque la incorporación de tecnología tiende a ocurrir en mayor medida por parte de las firmas que han formalizado la situación laboral de sus trabajadores.

**De este modo la relación entre empresas y trabajadores es un primer indicador que sugiere (no demuestra) una baja presencia de la innovación tecnológica.**

## 4.2 Salarios

Otro elemento relevante para la caracterización general del sector y su relación con la innovación es la evolución salarial. El salario real promedio ha registrado un incremento cercano al 100% entre 2004 y 2012, pero desde entonces ha caído para situarse en 2018 en valores similares a los de 2007, que apunta a una baja incorporación de tecnologías de conocimiento intensivas.

**Gráfico 4.5:** Salario real promedio de los trabajadores registrados privados en el sector de la construcción (\$ de 2004)



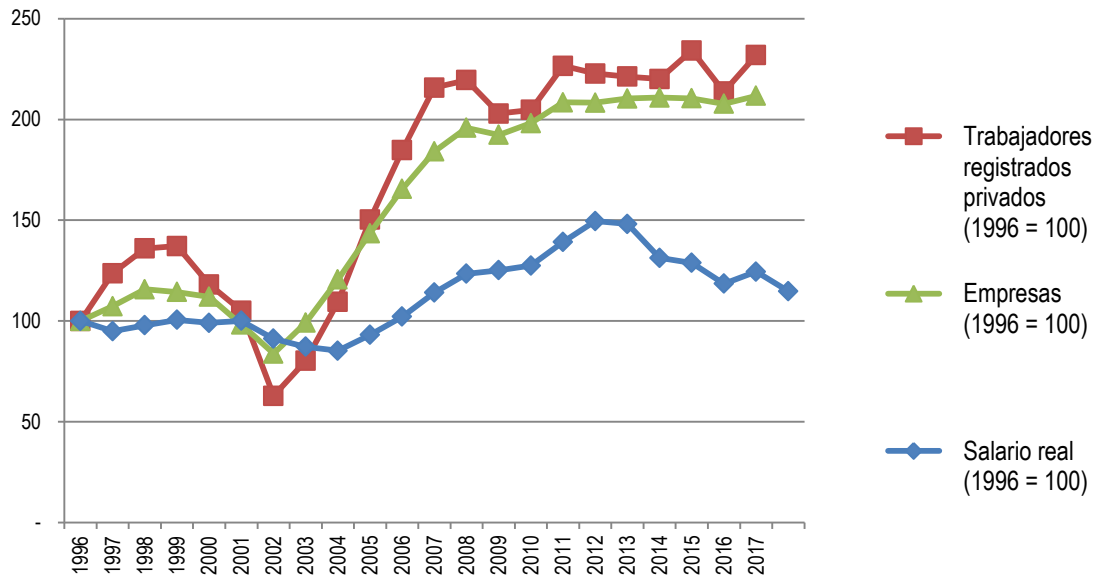
**Fuente:** elaboración propia en base a datos del OEDB y Banco Mundial.

En líneas generales, el salario tiene una asociación con las destrezas, conocimientos y saberes requeridos para la consecución de las tareas productivas, de modo tal que la incorporación de tecnología suele estar asociada a empleos más calificados y mejores pagos. Por supuesto, se trata de una aproximación mediada por numerosas variables intervinientes, toda vez que el salario de los trabajadores privados depende de factores que exceden largamente a las tecnologías involucradas. Con todo, el descenso del período 2012-2018, y el escaso incremento de toda la serie constituye otro elemento que sugiere una baja incorporación de innovaciones tecnológicas.

Los indicios que proveen el empleo, la cantidad de empresas y los salarios se advierten con más claridad cuando se contemplan las tres variables en conjunto. Durante el período en el que se produce un fuerte crecimiento en las tres variables, salario es la que menos aumenta. Más importante, los últimos años muestran que el empleo nominal y las firmas se mantienen relativamente estables, mientras el salario cae. Por el contrario, una evolución centrada en la innovación supondría el decrecimiento de la cantidad de trabajadores y el incremento de los salarios.



**Gráfico 4.6:** Evolución de los trabajadores registrados del sector privado, empresas y salario real del sector de la construcción (2004 = 100)



**Fuente:** elaboración propia en base a datos del OEDE-SIPA y Banco Mundial.

Los datos internacionales son consistentes con las estadísticas nacionales en lo que hace al bajo nivel salarial relativo de los trabajadores de la construcción en la Argentina. De acuerdo a una encuesta de Turner and Townsed (2019) en 46 ciudades del mundo realizada durante 2018, el salario por hora de los trabajadores de la construcción argentinos rondaba los 3.6 dólares,

ubicándose entre los más bajos de las ciudades relevadas.

Más interesante, si se considera el costo del metro cuadrado construido, se advierte que la relación entre ambas variables en Buenos Aires es de las más desfavorables para los trabajadores.

**Tabla 4.1:** Costo de la construcción por metro cuadrado y salario por hora de los trabajadores de la construcción (46 ciudades del mundo, 2018)

| Ciudad        | Costo promedio del metro cuadrado construido (USD) | Salario por hora (USD) | Horas de salario promedio para comparar un metro cuadrado |
|---------------|--|------------------------|---|
| Zurich        | 3652   | 104.1                  | 35  |
| Melbourne     | 2403   | 63.4                   | 38  |
| New York City | 3900   | 98.3                   | 40  |
| Seattle       | 3101   | 72.5                   | 43  |
| Sydney        | 2818   | 65.8                   | 43  |
| Perth         | 2267   | 52.9                   | 43  |

| Ciudad           | Costo promedio del metro cuadrado construido (USD) | Salario por hora (USD) | Horas de salario promedio para comprar un metro cuadrado |
|------------------|--|------------------------|--|
| Houston          | 2361   | 54.3                   | 43   |
| San Francisco    | 3736   | 84.2                   | 44   |
| Brisbane         | 2357   | 52.1                   | 45   |
| Tokyo            | 2560   | 54.1                   | 47   |
| Munich           | 2549   | 49.4                   | 52   |
| Toronto          | 2495   | 48.0                   | 52   |
| Amsterdam        | 2631   | 46.7                   | 56   |
| Paris            | 2629   | 43.2                   | 61   |
| Madrid           | 2115   | 32.6                   | 65   |
| UK South         | 2936   | 42.7                   | 69   |
| UK North         | 2694   | 36.5                   | 74   |
| Seoul            | 1662   | 22.5                   | 74   |
| UK Central       | 2705   | 36.0                   | 75   |
| Scotland         | 2693   | 35.8                   | 75   |
| Dublin           | 3105   | 40.5                   | 77   |
| London           | 3617   | 45.9                   | 79   |
| Moscow           | 1034   | 13.1                   | 79   |
| Northern Ireland | 2345   | 28.9                   | 81   |
| Jakarta          | 889  | 10.2                   | 87   |
| Istanbul         | 765  | 8.4                    | 91   |
| São Paulo        | 1159   | 12.0                   | 97   |
| Nairobi          | 724  | 7.0                    | 103  |
| Singapore        | 2137   | 18.2                   | 117  |
| Warsaw           | 1030   | 8.5                    | 121  |
| Shanghai         | 807  | 5.9                    | 137  |
| Beijing          | 804  | 5.5                    | 146  |
| Santiago         | 1524   | 9.8                    | 156  |
| Kampala          | 970  | 5.8                    | 167  |
| Hong Kong        | 3703   | 20.7                   | 179  |
| Kuala Lumpur     | 1034   | 5.6                    | 185  |
| UAE              | 1455   | 7.4                    | 197  |
| Dar es Salaam    | 847  | 3.7                    | 229  |
| Johannesburg     | 1079   | 4.5                    | 240  |
| Bogotá           | 1143   | 4.4                    | 260  |
| Doha             | 2416   | 8.9                    | 271  |
| Muscat           | 1337   | 4.5                    | 297  |
| Ho Chi Minh City | 775  | 2.6                    | 298  |
| Buenos Aires     | 1315   | 3.6                    | 365  |
| Kigali           | 1082   | 2.5                    | 433  |
| Bangalore        | 638  | 1.1                    | 580  |

Fuente: elaboración propia en base a Townsend y Turner, 2019.

La tabla muestra diversas relaciones entre el costo de la construcción y el salario horario. Como es esperable, en numerosas ciudades, ambas variables están relacionadas de manera directa: mayores costos de la construcción se asocian a mayores salarios. Sin embargo, se presentan casos de desacople. Por un lado, aquellos en los que los altos costos del metro cuadrado se ven reducidos en términos relativos por el alto valor del salario horario. Zurich, Melbourne y New York (que lidera el ranking en términos de costo del metro cuadrado) constituyen ejemplos en este sentido. En el otro extremo, más importante, tenemos ciudades como Bangalore, Kigali y Buenos Aires, en las que el salario es extremadamente bajo, en relación al costo del metro cuadrado, pese a que éste tiene valores modestos en dólares.

La ubicación de Buenos Aires –y presumiblemente la Argentina– en este último grupo sugiere dos reflexiones relevantes relacionadas para el objeto de la investigación.

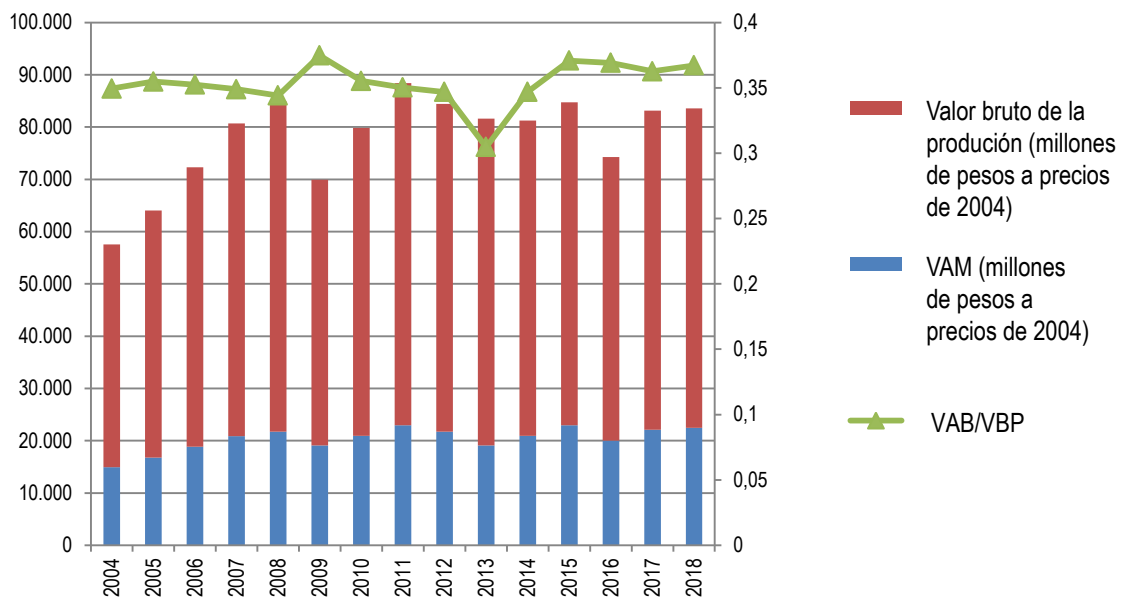
La primera es que, dado que la incorporación de tecnología está asociada con salarios altos, los datos locales y la comparación internacional apuntan a que hay bajos incentivos en este sentido para que las firmas argentinas introduzcan innovaciones tecnológicas.

La segunda, inversamente, apunta a que parece haber espacio e incentivos para introducir tecnología que reduzca costos en aspectos vinculados a la logística, insumos y otros costos no salariales.

### 4.3 Valor agregado y productividad

Otros indicadores relevantes para caracterizar al sector y su relación con la innovación son los relativos al valor bruto de la producción y el valor agregado bruto.

**Gráfico 4.7:** Evolución del valor bruto de la producción y valor agregado bruto (2004-2018, en precios constantes de 2004)



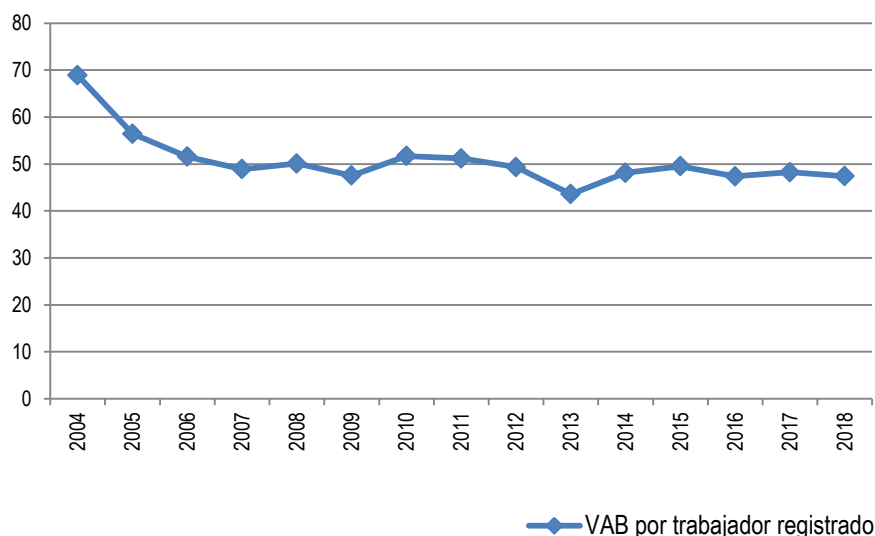
**Fuente:** elaboración propia en base a datos del INDEC.

Una dinámica basada en la incorporación de nuevas tecnologías e innovaciones se asocia usualmente con un incremento en valor agregado bruto, es decir, en la riqueza que se genera en un proceso productivo. En el caso del sector construcción argentino (al igual que los de otros países), observamos que el valor agregado bruto se mantiene aproximadamente constante desde 2007, y que su relación con el valor bruto de la producción no ha sufrido desde 2004 más que un incremento marginal.

Se trata, entonces, de otro indicador proxy que apunta a un bajo nivel de innovación tecnológica a nivel agregado en el sector.

Si se analiza el valor agregado bruto por trabajador, esto es, un indicador de la productividad laboral, se observa una estabilización desde 2007.

**Gráfico 4.8:** Valor agregado bruto por trabajador (trabajadores del sector privado registrado, en miles de pesos de 2004)



**Fuente:** elaboración propia en base a datos del INDEC.

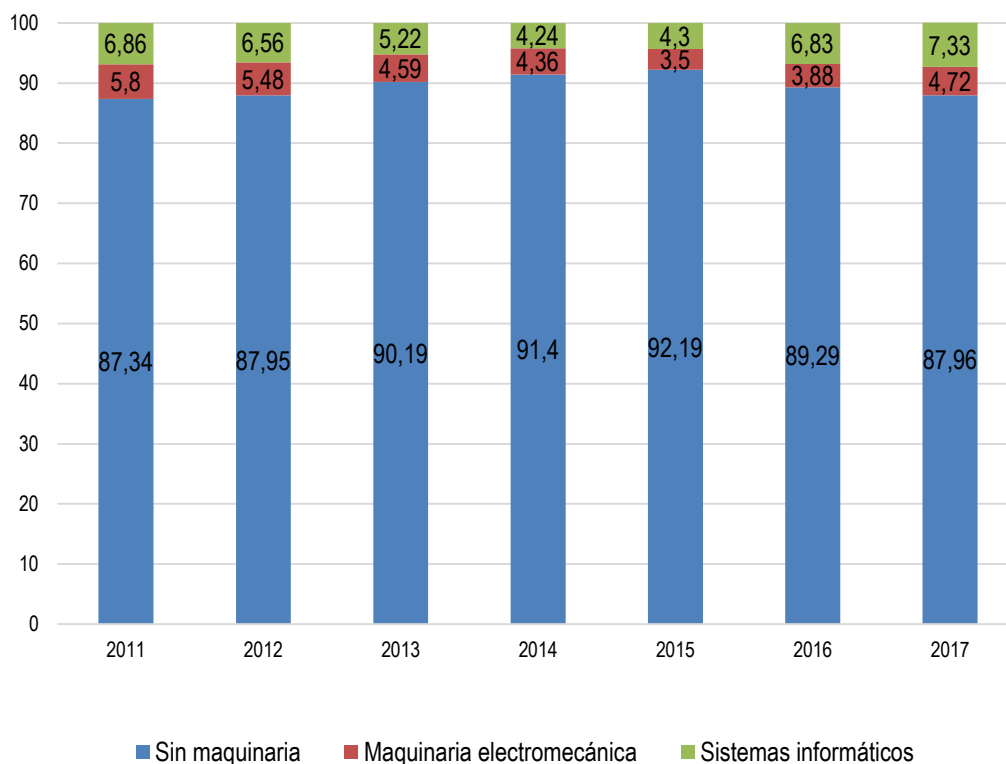
El indicador sólo tiene sentido en términos relativos, y no de manera nominal, toda vez que buena parte del VAB surge de los trabajadores no registrados. Es decir, el aspecto relevante surge de que el valor agregado por cada trabajador registrado no ha aumentado. Este dato es coincidente con una investigación previa de CAMARCO (Coremberg, 2013) para el período 1998-2010.

Así la ausencia de incrementos de productividad parece indicar un bajo nivel de innovación.

## 4.4 Tecnologías digitales

En cuanto a la utilización de tecnologías informáticas, la Encuesta Permanente de Hogares ofrece algunos datos.

**Gráfico 4.9:** Trabajadores de la construcción y tipos de tecnologías utilizadas (porcentaje de trabajadores que usan cada tecnología)



**Fuente:** elaboración de Andrés Rabosto en base a datos de la EPH

Previsiblemente, el grueso de los trabajadores no utilizan maquinaria alguna. Un porcentaje menor manipula tecnologías electromecánicas e informáticas.

Los datos del primer trimestre de 2019 son los últimos disponibles y se puede realizar un análisis más pormenorizado en base a ellos.

**Tabla 4.2:** Trabajadores de la construcción según tecnología principal utilizada

| Tecnología                 | N           | %          |
|----------------------------|-------------|------------|
| Sin maquinaria             | 2257        | 90.1717938 |
| Maquinaria electromecánica | 83          | 3.31602078 |
| Sistemas informáticos      | 121         | 4.83419896 |
| Sin datos                  | 42          | 1.67798642 |
| <b>Total</b>               | <b>2503</b> | <b>100</b> |

**Fuente:** elaboración propia en base a EPH 1er trimestre 2019.

Así, la tendencia hacia un incremento en la participación de los trabajadores que utilizan sistemas informáticos que se observaba entre 2015 y 2017 se ha modificado, pasando estos a representar algo menos de un 5%.

Estos trabajadores que usan herramientas informáticas, notablemente, presentan características particulares cuando se cruzan con el nivel de calificación que poseen.

**Tabla 4.3:** Calificación de los trabajadores de la construcción según utilización de sistemas informáticos y total de los trabajadores

| Calificación          | Total trabajadores de la construcción |            | Trabajadores que utilizan sistemas informáticos |     |            |
|-----------------------|---------------------------------------|------------|---|-----|------------|
| <b>Profesionales</b>  | 98                                    | 3.91686651 | Profesionales                                   | 84  | 69.4214876 |
| <b>Técnicos</b>       | 159                                   | 6.35491607 | Técnicos  | 26  | 21.4876033 |
| <b>Operativos</b>     | 1756                                  | 70.1838529 | Operativos                                      | 11  | 9.09090909 |
| <b>No calificados</b> | 489                                   | 19.5443645 | No calificados                                  | 0   | 0          |
|                       | 2502                                  | 100        |   | 121 | 100        |

**Fuente:** elaboración propia en base a EPH 1er trimestre 2019.

Mientras que los trabajadores profesionales representan un 4% del total de trabajadores de la construcción, constituyen un 70% de los trabajadores que utilizan sistemas informáticos.

En otras palabras, los datos indican que hay una muy baja utilización de las tecnologías digitales por parte de los trabajadores operativos y no calificados, que representan un 90% de los trabajadores. Este estado de situación constituye una limitación en el sentido de que los trabajadores no estarían habituados a utilizar tecnologías digitales en su cotidianeidad.

Estudios previos de CAMARCO (citado en Lacaze, 2018) permiten complementar estos datos. Así, podemos ver que:

1. La utilización de tecnologías informáticas tiene un peso diferencial en las distintas actividades de la construcción. Mientras que en el diseño y la gestión administrativa de la obra los procedimientos manuales (es decir, no digitales) son relativamente bajos, en la recolección de datos en la obra y la gestión y mantenimiento de maquinaria son muy altos. Así se advierte que el diseño y la gestión administrativa, ma-

yormente digitalizados, son los puntos de entrada para distintas tecnologías informáticas que desde allí pueden traccionar a la obra.

2. La utilización de software o sistemas que integren distintas actividades es baja en todas las actividades.
3. Los documentos físicos son aún muy importantes en la transmisión de información entre la obra y la empresa (usado en el 77% de los casos). Luego sigue en importancia el correo electrónico (76%). Muy por detrás viene el uso de aplicaciones en la nube (19%), aplicaciones web (8%) y software específicos (7%). Un 16% señala que no comparte información desde la obra.

En resumen, hay algunos indicadores relativos a la industria de la construcción en la Argentina que resultan compatibles con un escenario de baja innovación tecnológica:

- La cantidad de trabajadores registrados por empresa no ha descendido en el período 1996-2007.
- El salario real promedio del sector en Argentina pierde poder adquisitivo y el

salario horario de Buenos Aires se situaba ya en 2018 (aun sin considerar los esperables descensos vinculados a la crisis de 2019) en un nivel extremadamente bajo en términos comparativos internacionales.

- La productividad del trabajo no se ha incrementado en los últimos años.
- Las tecnologías digitales son utilizadas por menos de un 5% de los trabajadores, y se trata mayormente de trabajadores con formación profesional. Más precisamente, los usos están concentrados en las actividades de diseño y administrativas.





# 5. POTENCIAL Y LIMITACIONES PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE BLOCKCHAIN EN LA CONSTRUCCIÓN ARGENTINA

## 5.1 Potenciales

### a) Lidiar con niveles bajos de confianza

Blockchain representa una oportunidad mayor donde allí donde los agentes involucrados en los procesos constructivos tienen bajos niveles de confianza mutua. Esos bajos niveles de confianza generan altos costos de transacción (cheques reiterados, costos adicionales ante el riesgo de incumplimiento), ofreciendo equilibrios subóptimos. Blockchain, al limitar los niveles de desconfianza, podría permitir un importante incremento en la eficiencia productiva. A mayor nivel de desconfianza entre los actores, mayor parecería ser el beneficio potencial de blockchain.

¿Cómo medir ese nivel de desconfianza en la Argentina respecto de otros países? Aunque una medición precisa implicaría la realización de un estudio específico, podemos crear indicadores *proxy* basándonos en fuentes secundarias.

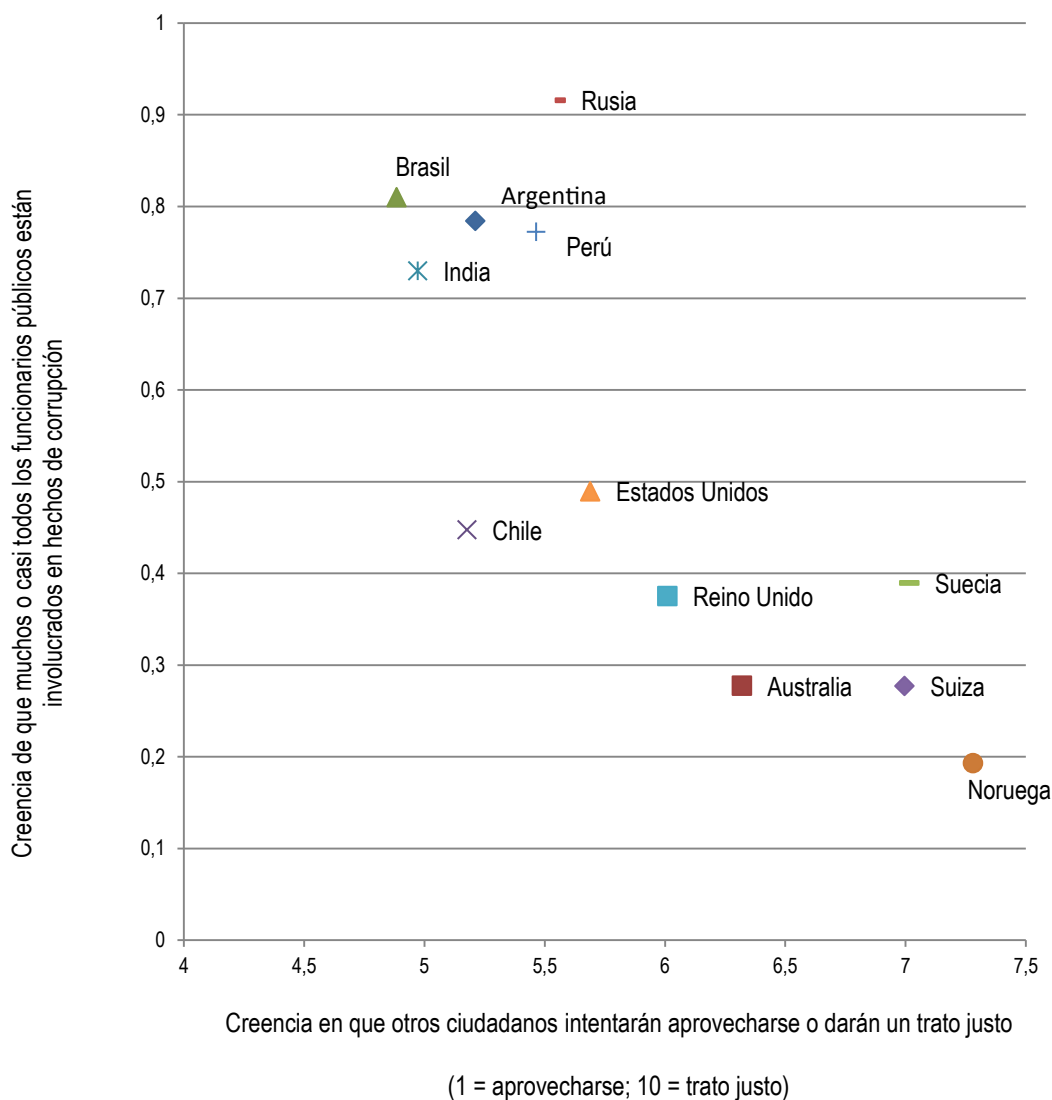
Especialmente, la Encuesta Mundial de Valores (World Values Survey) ofrece datos relevantes desagregados a nivel nacional. Aquí elegimos analizar, por un lado, la confianza que los ciudadanos tienen en otros ciudadanos, como *proxy* de la confianza que un agente privado tiene de otro actor

económico particular. Por otro lado, la percepción sobre la corrupción, como *proxy* de confianza en los funcionarios públicos, cuya participación en la industria de la construcción es significativa.

Ambas variables están relacionadas en la mayoría de los países, de modo tal que los ciudadanos que tienden a desconfiar de sus ciudadanos también se inclinan por desconfiar de los funcionarios públicos. Sin embargo, hay matices. En países como Suecia los ciudadanos tienden a creer que sus connacionales son generalmente muy honestos, pero que los funcionarios públicos lo son menos. Inversamente, en Chile la confianza en el estado es mayor en términos relativos, mientras que la creencia en el trato equitativo por parte de los otros ciudadanos es relativamente baja.

Previsiblemente, en la Argentina los valores de ambas variables apuntan a un alto grado de desconfianza. El 78% de la muestra considera que muchos o casi todos los funcionarios públicos están involucrados en hechos de corrupción, mientras que en una escala de 1 a 10, siendo 1 un máximo aprovechamiento injusto y 10 un trato equitativo, el promedio de la muestra argentina resulta 5,21.

Esta situación, ciertamente, afirma la potencialidad de herramientas como blockchain.



Fuente: elaboración propia en base a World Values Survey.

## b) Disminuir las demoras en los tiempos de finalización de obra

De acuerdo a un estudio de CAMARCO (Lacaze, 2018), 51% de los proyectos del sector no termina a tiempo. En un estudio con respuestas múltiples 88% de los actores entrevistados señala aspectos de la planificación como aquellos que causan los retrasos: tiempos de planificación muy ajustados (23%), deficiente ejecución del plan de trabajo (15%), falta de planificación (19%), especificaciones incompletas (29%). Asimismo, las demoras de los proveedores son

señaladas por un 34% de los entrevistados y las dificultades climáticas en un 58% de los casos.

Estas dificultades están asociadas claramente a la dimensión organizacional y a la circulación de información dentro del proceso productivo. Incluso el efecto de los fenómenos meteorológicos, que son por definición imprevisibles a largo plazo, puede morigerarse considerablemente si se integra la información actualizada al esquema organizacional y se toman los recaudos del caso.

En suma, aquí es la integración de BIM, IoT y blockchain la que genera expectativas promisorias. La planificación mediante BIM y la circulación de información respecto de la situación de los insumos y procesos puede permitir ajustar los plazos de las obras y buscar alternativas. Los *smart contracts* vinculados a IoT (o no) pueden permitir que, si un proveedor de un bien o servicio no entrega en fecha su producto, el algoritmo cobre un punitivo (desde una garantía preestablecida) o contacte a otro proveedor, o ambas.

### **c) Disminuir las demoras e incumplimientos en la cadena de pagos**

Dentro del mencionado 51% de proyectos que, de acuerdo a datos de CAMARCO, no terminan a tiempo, en el 59% de los casos los entrevistados refieren a problemas en la cadena de pagos como una causa relevante. Esto incluye tanto a la demora en la aprobación de los certificados (18%) como en los pagos de esos certificados (41%).

Este parece un obstáculo que los *smarts contracts* de blockchain pueden colaborar a resolver. En efecto, la aprobación de certificados por medio de algoritmos puede generar importantes ganancias de productividad. Más aún, el pago por los bienes y servicios transados, puede acelerarse considerablemente mediante los *smarts contracts*.

### **d) Impulsar la formalización económica de las transacciones**

Tanto la economía argentina en general como el sector de la construcción en particular presentan altos niveles de informalidad. Las transacciones no registradas, “en negro”, aunque difíciles de estimar, representan valores importantes.

Blockchain supone un importante nivel de registro de las operaciones. Más aún, implica una inmutabilidad de los registros. En BIM un actor central dispone de acceso a la base de datos, y puede hacer con ella lo que crea conveniente, sea compartirla, eliminarla, etc. En el caso de blockchain, los

registros de las transacciones económicas y sus montos están disponibles para todos los actores.

De este modo, es difícil imaginar que blockchain pueda convivir con niveles altos de informalidad, toda vez que la AFIP y otros organismos podrían obtener fácilmente la información correspondiente.

Más aún, un Estado nacional, provincial o municipal puede contribuir en la implementación técnica de blockchain e incluso demandarla legalmente con la expectativa no sólo de aumentar la productividad del sector, sino también de aumentar la recaudación impositiva.

Además del Estado, la formalización asociada a blockchain puede ser impulsada por los actores que han formalizado sus operaciones y para los cuáles la interacción con proveedores que se encuentran en la zona no registrada implica dificultades contables.

## **5.2 Limitantes y desafíos**

### **a) Inestabilidad macroeconómica**

La inestabilidad macroeconómica, signada entre otros factores por la variabilidad de las divisas y las altas e imprevisibles tasas de inflación conspiran contra la adopción de herramientas como blockchain. La planificación de las inversiones en innovaciones resulta extremadamente difícil, toda vez que los cálculos de rentabilidad son inciertos. Del mismo modo, hay fuertes incentivos para que los excedentes monetarios se coloquen en instrumentos de especulación financiera frente a las inversiones en la economía real, más allá de las innovaciones en sí.

Específicamente, la concreción de los *smart contracts* puede resultar dificultosa en este contexto. Por ejemplo, en algunos casos se espera que los compradores depositen el dinero y que, una vez certificada la concreción de las tareas el algoritmo transfiera el dine-

ro a los proveedores de bienes o servicios. Sin embargo, resulta poco probable que en contextos de alta inflación los compradores adelanten recursos, en vez de canalizarlos hacia algún instrumento financiero. También emerge la dificultad relativa a la tensión entre transacciones en pesos y dólares. Las variaciones en el tipo de cambio nominal (dejando de lado a la inflación) puede implicar importantes modificaciones en los términos del contrato original. Es posible que las criptomonedas puedan colaborar con ofrecer alguna solución a esta dificultad. Sin embargo, la extrema volatilidad que presentan estos activos implica que en el presente no parezcan una solución satisfactoria al menos para la Argentina.

Con todo, puede tomarse estos desafíos (inflación, tipo de cambio) como elementos que pueden ser considerados por los *smart contracts*. Puede considerarse que, a diferencia de los relativamente simples contratos humanos, los *smart contracts* pueden diseñarse incluyendo toda clase de variables complejas respecto del tipo de cambio, la tasa de inflación y otros indicadores económicos para poder ajustar de manera dinámica, precisa y transparente los contratos al devenir cambiante de economías como la Argentina.

## **b) Baja adopción de tecnologías digitales**

La baja penetración de las tecnologías digitales constatada en las secciones previas representa un importante obstáculo y a la vez un desafío para la incorporación de blockchain.

En efecto, coordinar a los numerosos agentes del proceso productivo cuando estos carecen de un cierto acostumbramiento a la cultura digital representa una dificultad considerable. No se trata aquí de costos directamente económicos sino de las costumbres y tradiciones, que en relación a las dificultades para la incorporación de tecnologías digitales resultan muy relevantes.

En este sentido, el desafío es la capacitación de las generaciones más jóvenes en la utilización de herramientas informáticas en la obra. Simultáneamente, la incorporación de blockchain puede progresar desde la perife-

ria de la obra hacia su centro, es decir, desde el diseño y la administración hacia el núcleo del proceso constructivo.

## **c) Alta informalidad**

El no registro, la informalidad y la evasión impositiva son elementos extremadamente relevantes en la cultura y la economía argentinas, y de algunos segmentos del sector de la construcción. Es decir, numerosos agentes económicos basan parte de sus ganancias en esas modalidades, de modo tal que el “blanqueo” de su actividad implica, al menos en los discursos de los actores, una pérdida de rentabilidad que impide la continuidad de los emprendimientos.

El “blanqueo” asociado a blockchain supondría, posiblemente, un incremento de los costos cuya absorción por parte de los consumidores finales, el Estado (mediante desgravaciones impositivas o subsidios) u otros actores de la cadena no parece clara al menos en el presente.

En otras palabras, es de esperar que los numerosos actores que realizan una porción significativa de sus actividades de manera informal carezcan de incentivos suficientes como para embarcarse en blockchain.

De este modo, lo que aparecía para el estado y las firmas que ya tienen sus operaciones formalizadas como un factor impulsor de blockchain, se revela como un limitante desde la perspectiva de las empresas que tienen una parte relevante de sus operaciones no registradas.

## **d) Escasos antecedentes en el sector**

El enorme entusiasmo que despiertan las aplicaciones no monetarias de blockchain no debe opacar el hecho de que la experiencia internacional real es aún muy escasa como para juzgar a ciencia cierta su eficacia. En una industria como la construcción en la que las innovaciones que ya han sido estabilizadas penetran lentamente, resulta dificultoso impulsar la adopción de una tecnología cuyos resultados no son, a la fecha, claramente mensurables en el sector.

## e) Incertidumbres legales

En términos de la validez legal de las anotaciones realizadas en blockchain, las transacciones entre privados no presentan mayores problemas al estar enmarcadas en la Ley de Firma Digital, ley 25.506. En cambio, los registros de funcionarios públicos presentan la dificultad de la certificación de su autoridad y representación correspondientes.

Los contratos inteligentes, por su parte, implican una serie de desafíos legales adicionales. Por un lado, el carácter definitivo del código impide la adecuación del contrato a circunstancias imprevisibles del mundo real. Por otro lado, la comunicación relativa a las características del contrato para que se observe un consentimiento informado por parte de consumidores y usuarios que adhieren a los contratos. Tal información ya es compleja en los casos de contratos digitales (como los de las “redes sociales”) y las complejidades de blockchain y los contratos inteligentes añaden una capa más de complejidad.

Con todo, las mayores dificultades son las relativas a los usos monetarios de blockchain, es decir, las que resultan menos relevantes para el presente informe. Típicamente, las aplicaciones blockchain que pueden permitir contratos entre partes anónimas presentan dificultades para ser armonizadas con la legislación vigente. Las ICO, asimismo, al igual que las firmas que negocian criptomonedas, no tienen una regulación estabilizada por parte de las autoridades financieras (Mora, 2019).

En el mismo sentido, la adopción de *smart contracts* y pagos realizados mediante criptomonedas ofrece numerosas ventajas, pero también el riesgo potencial de estimular el ingreso de fondos de origen dudoso al circuito formal. Esta no es una consecuencia inevitable, toda vez que puede regularse el ingreso de fondos, pero es un riesgo que debe atenderse.



# 6. CONSIDERACIONES FINALES

Blockchain tiene un enorme potencial para generar ganancias de productividad en toda la economía. La variedad de usos que puede tener genera tanto vocaciones de adopción como temores respecto de las consecuencias no buscadas o inmanejables que esta tecnología podría acarrear. En cualquier caso, las inversiones y avances de numerosos actores públicos y privados en todo el mundo sugieren que la tecnología está cerca de alcanzar una masa crítica para ser adoptada masivamente.

Las virtudes y limitaciones para la industria de la construcción en la Argentina han sido señaladas en los apartados previos. ¿Conviene adoptar blockchain en la construcción en la Argentina? A nivel agregado, es decir, para el sector como un todo, la respuesta es afirmativa, al menos en ausencia de una solución alternativa. No obstante, de la afirmación anterior no se desprende que para cada empresa individual adoptar blockchain en el corto plazo sea la mejor estrategia. Cada situación particular requiere un análisis específico. El diagnóstico respecto de los flujos de conocimientos que circulan en los procesos productivos de la construcción es un paso previo fundamental para poder valorar a los activos de cada firma y conocer en cada caso cuál es el camino que conduce a las ganancias de productividad.

Volviendo al nivel agregado, las potencialidades de blockchain para generar confianza, integrar actores, transparentar la cadena de valor, dar previsibilidad, complementarse con otras tecnologías e incorporar las más variadas aplicaciones son claras.

Ahora, ¿cómo debe producirse la adopción? ¿Qué actores tienen la mayor capacidad para diseminar la innovación en este caso?

De este informe surgen cinco recomendaciones básicas:

- La adopción de blockchain debe llevarse adelante en conjunto y de modo sistemático con la digitalización de todo el proceso productivo. Esto incluye dar cuenta de la codificación del conocimiento tácito, la traducción de información analógica a digital, el registro de los flujos y stocks de materia y energía como información digital y las estrategias de gestión de esa información. En términos de herramientas, esto supone la integración de blockchain con sensores inteligentes, drones, Internet de las cosas, impresión 3D y, sobre todo, BIM.
- Para impulsar la adopción de blockchain se necesita de una masa crítica y de estímulos de diversos actores. En el caso de la construcción en Argentina, todo parece indicar que el rol del Estado puede ser determinante: especialmente mediante las licitaciones estatales, pero también incorporando blockchain en los registros de la propiedad u otras instituciones. De este modo, la inclusión de blockchain por parte del Estado puede traccionar a toda la cadena de valor para adoptar blockchain, alterando el sistema de incentivos de modo tal de favorecer a las empresas innovadoras.
- Entre los actores empresariales, la incorporación de blockchain seguirá una lógica de spillovers, derramando desde el segmento más formalizado hacia las firmas de menor tamaño. Los costos de adoptar blockchain, especialmente los de hacerlo en un contexto de baja

adopción en el mercado, sólo pueden ser afrontados por los actores que cuentan con más recursos financieros y humanos.

- Del mismo modo, pero en términos de las etapas del proceso productivo, la adopción de blockchain parece más factible desde el diseño, integrada con BIM, para luego irse capilarizando a toda la actividad.
- La adopción de blockchain -y de las otras formas de digitalización de la

construcción- requiere de capacitación e incentivos especialmente para los trabajadores más jóvenes. Las barreras culturales, sociales y económicas son mucho más bajas entre las nuevas generaciones, y es a ellas a las que, de manera sistémica, deben apuntar los esfuerzos. Estos deben incluir aspectos estrictamente cognitivos, pero también esquemas de incentivos claros y palpables, y un ambiente cultural que recompense también de manera extraeconómica las conductas innovadoras.



# 7. REFERENCIAS

- Barima, O. K. B. (2008b) E-government and the construction industry. In Ant-tiroiko, A. (Ed.), *Electronic government: Concepts, methodologies, tools, and applications*, (chapter 243, pp. 3283-3291). Hershey, PA: IGI Global.
- Blockstuffs (2019) Top 10 countries to adopt blockchain technology. Disponible en: <<https://www.blockstuffs.com/blog/countries-adopting-blockchain>>.
- Chandler, Simon (2019) Los contratos inteligentes no son un problema para los sistemas legales del mundo, siempre y cuando se comporten como los contratos legales. Cointelegraph. Disponible en: <<https://es.cointelegraph.com/news/smart-contracts-are-no-problem-for-the-worlds-legal-systems-so-long-as-they-behave-like-legal-contracts>>.
- Coremberg, Ariel (2013) La productividad de la industria de la construcción en Argentina: una medición AR-KLEMS. Buenos Aires: FODECO.
- Cripto 247 (2019) La ONU implementa sistema blockchain para evitar la explotación laboral. Disponible en: <<https://www.cripto247.com/emprendimientos/la-onu-implementa-sistema-blockchain-para-evitar-la-explotacion-laboral-186898>>.
- DataFlair (2019) Types of Blockchains – Decide which one is better for your Investment Needs. Disponible en: <<https://data-flair.training/blogs/types-of-blockchain/>>.
- Deloitte's (2019) Global Blockchain Survey. Disponible en: <[https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/se/Documents/risk/DI\\_2019-global-blockchain-survey.pdf](https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/se/Documents/risk/DI_2019-global-blockchain-survey.pdf)>.
- Finalcad (2018) 8 razones para digitalizar la construcción. Disponible en: <<https://www.finalcad.com/es/blog/8-razones-para-digitalizar-la-construcci%C3%B3n>>.
- Gurkaynak, Gonenc and Yılmaz, İlay and Yeşilaltay, Burak and Bengi, Berk, Intellectual Property Law and Practice in the Blockchain Realm (August 1, 2018). *Computer Law & Security Review*, Volume 34, Issue 4, August 2018, 847-862, doi.org/10.1016/j.clsr.2018.05.027. Disponible en: <<https://ssrn.com/abstract=3285287>>.
- Gusson, Cassio (2019) Por mais transparência em licitações, governo da Bahia lança app que utiliza tecnologia blockchain. En Cointelegraph. Disponible en: <<https://br.cointelegraph.com/news/for-more-transparency-bahia-government-launches-public-bidding-app-using-blockchain-technology>>.

- KPMG (2019) Future-Ready Index. Leaders and followers in the engineering & construction industry. Global Construction Survey.
- Lacaze, Laura (2018) BIM: de la competitividad a la innovación radical: la gestión de la información en las organizaciones. Ciudad Autónoma de Buenos Aires : FODECO.
- Li J., Greenwood D., Kassem M. (2019) Blockchain in the Construction Sector: A Socio-technical Systems Framework for the Construction Industry. In: Mutis I., Hartmann T. (eds) Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering. Springer, Cham.
- Macaulay, Tom (2019) How governments around the world are using blockchain en Computerworld. Disponible en: <<https://www.computerworld.com/article/3412304/how-governments-around-the-world-are-using-blockchain.html#slide13>>.
- Martelli, Eduardo Nicolas; Pablo Clusellas y María Jose Martelo (2019) Un gobierno inteligente: el cambio de la Administración Pública de la Nación Argentina 2016-2019. Disponible en: <[https://www.boletinoficial.gob.ar/pdfs/gobierno\\_inteligente.pdf](https://www.boletinoficial.gob.ar/pdfs/gobierno_inteligente.pdf)>.
- MEED (2019) Blockchain for construction. Disponible en: <[https://www.meedmashreqindustryinsight.com/blockchain-for-construction/?rps\\_type=category](https://www.meedmashreqindustryinsight.com/blockchain-for-construction/?rps_type=category)>.
- Mora Santiago J. (2019) “La tecnología blockchain. Contratos inteligentes, ofertas iniciales de monedas y demás casos de uso”. En LA LEY 01/04/2019.
- Orrego, Sebastián Ariel (2017) Encuesta Nacional BIM 2016: adopción de Building Information Modeling en Argentina / Sebastián Ariel Orrego; Emilia Pezzati; contribuciones de Ignacio Vila; Leandro Agi3n. FODECO.
- Penzes, Balint (2018) Blockchain Technology in the Construction Industry, Digital Transformation for High Productivity. Institution of Civil Engineers, Westminster.
- Pita, Guillermo (2018) Gestión integral de proyectos: procesos colaborativos en la industria de la construcción. Ciudad Autónoma de Buenos Aires: FODECO.
- Robles, D. (2015) Smart contract application for the construction industry. The Ingenesist Project., Retrieved July 17, 2016. Disponible en: <<http://www.ingenesist.com/smart-contract-application-for-the-construction-industry/>>.
- Ruhl, Gisella (2019) The Law Applicable to Smart Contracts, or Much Ado About Nothing? Disponible en: <<https://www.law.ox.ac.uk/business-law-blog/blog/2019/01/law-applicable-smart-contracts-or-much-ado-about-nothing>>.
- Sánchez, Darío (2018) Blockchain, el internet del valor: Beneficios y desafíos de su adopción. Concurso de incentivo a la investigación. Universidad del Aconcagua Facultad de Ciencias Económicas y Jurídicas Carrera de Administración.

- Santiso, C. (2018). Will blockchain curb corruption? World Economic Forum.
- Thompson, Luke (2019) Alibaba launches two blockchain subsidiaries. En Asia Times. 8/3/2019. Disponible en: <<https://www.asiatimes.com/2019/03/article/alibaba-launches-two-blockchain-subsidiaries/>>.
- Trachsler, Tracy (2019) Alibaba is leading the application of blockchain technology in China and beyond. En Cryptoheroes, 24/1/2019. Disponible en: <<https://cryptoheroes.ch/alibaba-is-leading-the-application-of-blockchain-technology-in-china-and-beyond/>>.
- Turk, Žiga and Klinc, Robert (2017) Potentials of Blockchain Technology for Construction Management, proceedings of Creative Construction Conference 2017, CCC 2017, 19-22 June 2017, Primosten, Croatia.
- Turner and Townsend (2019) International construction market survey 2018.
- Wang, Jun; Wu, Peng; Wang, Xiangyu and Shou, Wenchi (2017) The outlook of blockchain technology for construction engineering management. Front. Eng. Manag. 2017, 4(1): 67–75. DOI 10.15302/J-FEM-2017006.
- World Economic Forum (2016) Shaping the Future of Construction. A Breakthrough in Mindset and Technology.
- Ye, Zihao; Yin, Mengtian; Tang, Llewellyn and Jiang, Haobo (2016) Cup-of-Water theory: A review on the interaction of BIM, IoT and blockchain during the whole building lifecycle. Proceeding of 35<sup>th</sup> International Symposium on Automation and Robotics in Construction (ISARC 2018).
- Yeung, Edith (2019) China Internet report 2019, South China Morning Post, Abacus. Disponible en: <<https://www.scmp.com/china-internet-report>>.





*Esta edición de 200 ejemplares se terminó  
de imprimir en imprenta Dorrego S.R.L., Av.  
Dorrego 1102, Buenos Aires, en el mes de  
diciembre de 2020.*



