



El futuro digital
es de todos

MinTIC

**GUÍA DE REFERENCIA PARA LA
ADOPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
PROYECTOS CON TECNOLOGÍA
BLOCKCHAIN
PARA EL ESTADO COLOMBIANO**

**DOCUMENTO
BORRADOR
ACTUALIZACIÓN**

Hechos

QUE

CONECTAN





**El futuro digital
es de todos**

MinTIC

**Ministerio de Tecnologías de la
Información y las Comunicaciones**

Carmen Ligia Valderrama Rojas
Ministra TIC

Iván Mauricio Durán Pabón
Viceministro de Transformación Digital

Ingrid Montealegre Arboleda
Directora de Gobierno Digital

Óscar Arboleda Urrego
Asesor de Viceministerio de Transformación Digital

Centro de Innovación Pública Digital
Dirección de Gobierno Digital
Equipo de Política, Gestión Internacional,
Analítica y Mediciones

Autor de la versión 1.0:
Sergio Espinosa
Asesor Blockchain del Banco de Desarrollo de América
Latina - CAF, con el apoyo del Banco de Desarrollo de
América Latina – CAF.

Autores de la versión 2.0:
María Victoria Osorio Cruz
Coordinadora del Centro de Innovación Pública Digital
Jhon Caballero Martínez
Asesor del Centro de Innovación Pública Digital
Laura Villamil Velásquez
Asesora del Centro de Innovación Pública Digital

La nueva versión contó con el apoyo de la Consejería
Presidencial para la Transformación Digital y Gestión y
Cumplimiento; y la Dirección de Economía Naranja y
Desarrollo Digital del Departamento Nacional de Planeación.

Agradecimientos especiales por sus aportes al ingeniero
Luis Papagni de la Secretaría de Innovación Tecnológica del
Sector Público de Argentina.

Hechos

QUE

CONECTAN





El futuro digital
es de todos

MinTIC

Versión 1
Diciembre / 2020

Guía de Referencia para la adopción e implementación de proyectos con tecnología *blockchain* para el Estado colombiano.

Versión 2
Mayo / 2022

Guía de Referencia para la adopción e implementación de proyectos con tecnología *blockchain* para el Estado colombiano.

Comentarios, sugerencias o correcciones
pueden ser enviadas al correo electrónico:

gobiernodigital@mintic.gov.co



Esta guía de la Dirección de Gobierno Digital se encuentra bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional.

Hechos

QUE

CONECTAN



Contenido

Contenido	4
Introducción.....	6
La tecnología blockchain.....	7
Antecedentes.....	7
La cadena de bloques	9
Los principios de blockchain.....	12
Arquitectura de la tecnología <i>blockchain</i>	
Arquitecturas tecnológicas.....	
Identificación de los tipos de blockchain.....	18
Blockchain públicos.....	19
Blockchain privados	19
Blockchain de consorcio o federados	20
Blockchain semiprivados o híbrido.....	20
Configuración de permisos de red blockchain.....	21
¿Cómo hacer una integración blockchain?	23
¿Cómo se validan los datos en blockchain?	24
Prueba de trabajo (PoW)	24
Prueba de participación (PoS)	24
Prueba de participación delegada (DPoS).....	24
Prueba de participación alquilada (LPoS).....	24
Prueba de tiempo transcurrido (PoET)	24
Tolerancia práctica de fallos bizantinos (PBFT).....	24
Gobernanza de la tecnología <i>blockchain</i>	25
o Hoja de ruta para implementar un enfoque de gobernanza de la tecnología blockchain. 25	
o Un proyecto de tecnología blockchain en el sector público colombiano	27
Tecnología <i>blockchain</i> para promover el gobierno abierto	27
Transparencia.....	28
Trazabilidad.....	28
Soberanía de los datos	29
Zero Knowledge Proof -ZKP (Prueba de Conocimiento Cero)	29
Colaboración.....	29
Servicios Ciudadanos Digitales.....	29
Interoperabilidad	30

Interoperabilidad X-Road	31
Interoperabilidad Blockchain	31
Participación	33
Identidad digital	34
Propuestas para el uso de Blockchain en el sector público colombiano.....	35
Desarrollar estrategias para impulsar el talento humano	35
Condiciones habilitantes para apropiar la tecnología	38
Identificar oportunidades de uso y estrategias de uso	45
Identifique los casos de uso de las tecnologías emergentes.....	47
Verifique la viabilidad	47
Establezca los requisitos previos	47
Establezca el marco de gobierno.....	47
Defina la estrategia de apropiación.....	48
Casos de aplicación en Colombia	50
Red UxTIC.co.....	50
Universidad Jorge Tadeo Lozano	51
SENA Innova.....	51
Fundación Universitaria del Área Andina.....	51
Bogotá Aprende TIC	51
Cámara de Comercio de Bogotá.....	52
Universidad Nacional de Colombia	52
Universidad Javeriana.....	52
Universidad Eafit.....	52
Universidad de los Andes	52
Lucha anticorrupción utilizando Blockchain	53
Bibliografía	59
Referencias recomendadas	63
REFERENCIAS SOBRE OFERTA DE EDUCACIÓN EN BLOCKCHAIN.....	67

Introducción

La adopción de tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial (4RI) y el desarrollo de políticas públicas que fomenten su desarrollo se han configurado como elementos necesarios para lograr retos sociales, económicos y políticos del presente y del futuro, así como para desatar los procesos de innovación social que requieren nuestros países. Durante los últimos años se ha discutido la importancia del uso de las tecnologías emergentes (TE) en la sociedad, como aquellas que buscan mejorar la calidad de vida de las personas y facilitan la gestión de las tareas en el día a día. El conjunto de tecnologías asociadas a *blockchain* ofrece respuestas eficaces a problemas sociales, económicos y políticos actuales, y tiene el potencial de mitigar las brechas existentes que desencadenan sistémicamente problemas en estas áreas del desarrollo.

Esta guía de referencia espera ser un instrumento que estudia la tecnología *blockchain* con énfasis en el sector público, facilita el acercamiento del Estado a esta tecnología y promueve un enfoque ético y de cumplimiento acorde con la realidad colombiana en articulación con la Política de Gobierno Digital. A su vez, esta guía proporciona un enfoque de gobernanza para el contexto colombiano, presenta los lineamientos para el desarrollo de proyectos de *blockchain* en entidades gubernamentales y brinda herramientas de forma que los proyectos sean diseñados y operados organizada, escalonada y estructuradamente, a partir de las recomendaciones y buenas prácticas.

Además, en la guía se documentan las características fundamentales y diferenciadoras de la tecnología *blockchain* como pilar para el desarrollo y la mejora de procesos e interacción con el ciudadano. Por eso, es necesario abordar, entre otros, los siguientes atributos que caracterizan a esta tecnología:

- **Inmutabilidad de los registros:** una de las características clave de *blockchain*. La capacidad de resistir el cambio y permanecer inalterable e indeleble, incluso en un entorno descentralizado y distribuido, es lo que hace que esta tecnología sea interesante para las entidades que buscan mayor transparencia y confianza en sus procesos misionales.
- **Seguridad de la Información:** las características técnicas de la tecnología permiten – ante fallas de disponibilidad en la infraestructura de tecnologías de la información– no comprometer la integridad de los registros. Además, los datos se almacenan de forma cifrada y la interacción con estos se da a partir del consentimiento de su titular con relación a los datos personales, lo que produce una adecuada trazabilidad de dichas interacciones, al quedar registradas en la cadena de bloques.
- **Eliminación de intermediarios:** las instituciones y ciudadanos pueden interactuar directamente sin la necesidad de terceros que validen sus transacciones, esto reduce costos de intermediación, asimetrías de información y demoras asociadas a la intervención de más actores en un proceso.
- **Trazabilidad:** posibilidad de conocer la traza completa de un elemento de información desde el primer momento en que es almacenado. Esto permite, por ejemplo, que un título de propiedad esté plenamente identificado y que sus atributos asociados se puedan conocer.

- **Base de Datos Descentralizada:** las bases de datos están descentralizadas cuando no se encuentran en un único servidor o centro de datos, lo cual proporciona resiliencia a los datos, porque no dependen de un registro único como fuente de información. Los registros distribuidos permiten que la inmutabilidad de los datos y la confiabilidad del sistema sean únicas, en comparación con las bases de datos convencionales.

Es importante tener en cuenta que en agosto del 2020 se publicó para comentarios una primera versión de los lineamientos de *blockchain* para el Estado Colombiano, denominado *Guía para el uso y la implementación de tecnología de registros distribuidos (DLT/Blockchain) en el sector público*, documento en el que se desarrollaron bases teóricas y se documentaron algunos ejemplos implementados en el sector público de lugares como Emiratos Árabes Unidos, Estonia, China, Unión Europea, Canadá y Estados Unidos. La expedición formal de esta guía se dio a principios de 2021, en la que se incluyeron los comentarios relevantes recibidos y se constituyó como un documento referente en la materia para el país.

Ahora bien, las tecnologías emergentes van a un ritmo acelerado y por ende es necesario realizar una actualización de la guía mencionada, en aras de facilitar la adopción de tecnología basada en registros distribuidos en el país y plantear lineamientos sobre cómo se debe implementar la tecnología *blockchain* para el Estado. A diferencia de la versión anterior, en esta se sintetiza la información al presentar mayores detalles sobre el origen de la tecnología *blockchain*, delimitar un concepto, exponer su aplicación en el sector público y plantear las cuestiones relevantes para el dominio técnico y gobernanza de esta tecnología.

La Tecnología *Blockchain*

Antecedentes

La tecnología de cadena de bloques o *blockchain* es vista de forma generalizada como un protocolo informático que incorpora el intercambio de información, la criptografía, las redes entre pares y, en algunos casos, la prueba de trabajo para proporcionar una base de datos con características de integridad e inmutabilidad. Es decir, *blockchain* no surge en el vacío, sino que obedece al desarrollo de otras innovaciones tecnológicas que, en conjunto, consolidan propiedades de trazabilidad y desintermediación de la información. Es por ello que antes de abordar el detalle de la tecnología *blockchain*, conviene hacer una breve reseña de sus antecedentes tecnológicos para entender su funcionamiento.

En sus inicios, el sistema criptográfico básico proporcionaba cierta seguridad y hacía frente a la interceptación, pero debido a que las claves tenían que ser acordadas por las partes, podrían verse comprometidas y vulnerar la confidencialidad del mensaje transmitido. De ahí que la clave privada fuera una innovación al eliminar la necesidad de recordarlas, pero aún era susceptible de mejoras, por lo que se desarrolló el algoritmo RSA para vincular la clave pública y privada mediante la multiplicación de grandes números primos que proporcionan mayor integridad. La adopción de este mecanismo fue de gran relevancia, en tanto que resultó sencillo multiplicar los números primos juntos, pero extremadamente difícil calcular los números para el proceso de

factorización de números primos, lo que hace imposible descubrir la clave privada en algún proceso de ingeniería inversa (Rivest *et al.*, 1978).

A su vez, la rápida expansión de internet presentó una corriente de interés sobre las redes y el ciberespacio, de manera que se diseñaron nuevos protocolos funcionales dentro de la misma red, como el Protocolo de Transferencia de Correo Simple (SMTP), el Protocolo de Transferencia de Archivos (FTP) y el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (HTTP) (De Filippi y Wright, 2018a; L. Liu y Antonopoulos, 2010). No obstante, el modelo de ‘cliente-servidor’ era el mismo, razón por la cual, para eliminar la intermediación y promover el intercambio eficiente de recursos, se consolidó una arquitectura *peer to peer* (P2P), cuyo enfoque es exteriorizar una red de distribuida a híbrida.

Así pues, con la tecnología P2P ya no se requiere un servidor que centralice la información, sino que son los usuarios finales quienes comparten o recuperan recursos directamente de un equipo a otro por conducto del proveedor de servicios de internet (ISP, por sus siglas en inglés). De esta manera, el rendimiento de la red mediante el ancho de banda, el procesador y almacenamiento de los nodos (un punto de conexión físico o virtual donde se puede crear, enviar y recibir toda clase de datos e información) o usuarios que integran la red no depende de un tercero para su operación (L. Liu y Antonopoulos, 2010). La primera generación de tecnología P2P fue de carácter centralizado, pero a medida que se superaron cuestiones relativas a la escalabilidad, puntos de fallo y los asuntos legales, surgieron redes descentralizadas que se masificaron en productos y servicios en internet.

A finales del siglo pasado se realizaron varios esfuerzos para combinar estas tecnologías, en aras de consolidar lo que Timothy May denominó *crypto credits* en el auge del movimiento criptoanarquista. Este movimiento abogaba por aprovechar internet y los desarrollos en criptografía para realizar contratos electrónicos de forma anónima y segura (May, n.d., 1994). No obstante, pese a los esfuerzos de David Chaum por efectuar pagos electrónicos con las compañías DigiCash y Cyberbucks, no se logró la masificación suficiente ni una desintermediación total, dado que era dependiente del modelo ‘cliente-servidor’ (Caballero Martínez, 2019a; De Filippi y Wright, 2018a; Wang, 2018).

En el 2008, estos esfuerzos son retomados y es publicado un documento referido a un sistema de pago electrónico basado en prueba criptográfica, el cual permite que dos partes realicen transacciones directamente entre sí, sin necesidad de un tercero de confianza (Nakamoto, 2008). Este protocolo se conoció como el protocolo original de Bitcoin y sentó las bases para lo que hoy se denomina la tecnología *blockchain*.

Pese a que *blockchain* surgió con el propósito de evitar el doble gasto y permitir la operación de un sistema sin una entidad centralizada, su funcionamiento resultó atractivo, por lo que el sistema de consenso distribuido se adoptó rápidamente en materias asociadas a activos digitales, contratos inteligentes, plataformas tecnológicas y otras aplicaciones en sectores de la educación, la salud y el sector público (Swan, 2015). Por ello, algunos sectores de la doctrina consideran “[...] más apropiado hablar de tecnologías de libro mayor distribuido (“DLT”), que denotan una categoría más amplia” (Mik, 2019, p. 162).

En ese sentido, si bien la tarea más compleja que ha tenido que enfrentar *blockchain* “es la de desprenderse de la complicada herencia que la vincula con bitcoin” (Tapscott *et al.*, 2017, p. 16), se ha convertido en una innovación importante en diversos sectores de la economía, ya que propende por la disminución de costos, el aumento de la confianza y la garantía de inmutabilidad

de registros. En cuestiones gubernamentales, también expone una rápida expansión como dinamizador de las estrategias de gobierno digital, ya que su infraestructura descentralizada puede democratizar servicios ciudadanos y facilitar las interacciones entre las instituciones, los ciudadanos y los agentes económicos (Allessie, David; Sobolewski, Maciej; Vaccari, 2019).

La cadena de bloques

La tecnología *blockchain* plantea la existencia de un registro mayor distribuido dotado de inmutabilidad para proveer transparencia e integridad en la realización de operaciones y el intercambio de información (Endemann *et al.*, 2020). Si bien no existe un concepto universalmente aceptado, se entiende en la comunidad técnica como una base de datos digital que registra información de forma cronológica y pública, lo que fomenta la transparencia y crea confianza gracias a la existencia de una red distribuida de nodos (De Filippi y Wright, 2018b; Holbrook, 2020a).

De acuerdo con ello, *blockchain* es un mecanismo descentralizado que elimina intermediarios hasta el punto de que sea posible, dada la implementación de criptografía y la determinación de un modelo de consenso. En consecuencia, esta tecnología expone un conjunto de datos encadenados que permite ingresar información, su procesamiento junto a una función 'hash' remite una salida en representación alfanumérica de la misma, con la salvedad de que solo con esta representación alfanumérica no se puede volver a los datos originales (Taskinsoy, 2019).

De hecho, al contar con un sello de tiempo y aplicar mecanismos que impiden la alteración de los datos ingresados en la cadena, *blockchain* presenta características intrínsecas de rastreabilidad y resistencia a la manipulación, lo que favorece su uso en proyectos que requieren transparencia y trazabilidad (Taskinsoy, 2019). De ahí que los principales casos de aplicación estén dados en el seguimiento de cuestiones financieras, la gestión de suministro y asuntos legales (United States Government Accountability Office, 2022, p. 3).

Tal y como se reseñó en el apartado de antecedentes, *blockchain* no es completamente nuevo, sino que agrupa los avances que se presentaron en otras tecnologías como las redes entre pares, la criptografía, la prueba de consenso y el procesamiento de la información para constituir un registro resistente a manipulaciones para los activos digitales.

En esta agrupación de innovaciones, el *hashing* resulta ser preponderante para *blockchain*, ya que, gracias a la aplicación de conceptos criptográficos de nivel superior, es posible convertir un conjunto de datos de cualquier dimensión en una salida única de tamaño fijo, que para los efectos de esta tecnología, es un código alfanumérico que se encadena con un conjunto de información subsiguiente (Kumar Jena y Priyambada Dash, 2021). Es decir, la aplicación de una técnica criptográfica en un registro descentralizado permite que grandes cantidades de información encuentren un equivalente en código alfanumérico, que a su vez se enlaza a un nuevo conjunto de información para generar un efecto de cadena.

En el transcurso de este proceso se genera el denominado número *nonce*, el cual se asocia al mecanismo de consenso de prueba de trabajo empleado para cada protocolo de cadena de bloques. De este modo, según el tipo de cadena de bloques y el consenso establecido en su

Por ello, es considerada como una de las clasificaciones de las denominadas *Distributed Ledger Technology* (DLT), que hace referencia a las diversas formas de aprovechar las redes informáticas para compartir información de forma descentralizada (OCDE, 2019). Sin embargo, la particularidad de la tecnología *blockchain* es que dicha información se encadena con el *hash* y de ahí su amplia popularidad.

Ahora bien, cada interacción entre dos entidades constituye una operación dentro del protocolo de la cadena de bloques, lo que implica la necesidad de emplear un mecanismo de verificación de identidad por cada una de las partes que participa. Para tal efecto se aplica criptografía de clave asimétrica en el sistema, de tal manera que cada nodo cuenta con una dirección pública que lo identifica y una *wallet* para el registro en la base de datos compartida (Caballero Martínez, 2022; Kumar Jena y Priyambada Dash, 2021).

Cada nodo de la red puede detentar una categoría dentro del protocolo conforme se tengan previsto en el algoritmo original, por lo que puede que algunos usuarios tengan menores o mayores credenciales en el uso de la cadena de bloques. A modo de ejemplo, en la cadena de bloques de Bitcoin, es posible identificar: (1) *broadcast only mode*, referido a los nodos que se encargan de hacer transferencias en forma de operaciones dentro de la red; (2) *relay nodes*, encargados de mantener disponible la red y retransmitir las transacciones para que estén registradas en la cadena de bloques; y (3) *mining node*, los cuales llevan a cabo las pruebas de trabajo para la creación de bloques en la cadena y proporcionan capacidad de procesamiento dentro de la red (Márquez Solís, 2016; Nakamoto, 2008).

Adicionalmente, se prevé una clave privada para cada nodo, la cual permite verificar la identidad del usuario dentro de la red y hacer operaciones mediante el protocolo de la cadena de bloques. Hay diferentes modalidades para administrar y gestionar las contraseñas que facilitan la interacción en la cadena de bloques, pero ello atiende a las diversas implementaciones previstas respecto la forma de almacenar las claves privadas, ya que puede hacerse mediante un almacenamiento manual o un *software* para almacenarlas (Kumar Jena y Priyambada Dash, 2021).

Así las cosas, el modelo de funcionamiento de la tecnología *blockchain* permite la transferencia de valor digital en un registro descentralizado, pero también tiene el potencial de transferir y procesar cualquier clase de datos y hacerle seguimiento; cada bloque de la cadena comprende información relativa a un conjunto de operaciones que fueron impulsadas por los nodos que integran la red, a diferencia de las operaciones tradicionales que exigen un tercero de confianza (Caballero Martínez, 2019b, 2022). Es decir, la tecnología de cadena de bloques elimina al intermediario y propone que cada usuario participe en una red distribuida que conserva una copia colectiva de esa información, por lo que es confirmada y fácilmente cotejable por cualquier actor en la sociedad (Berryhill, Jamie; Bourgery, Théo; Hanson, 2018).

Conforme con lo anterior, es posible señalar que gracias al potencial de *blockchain*, hay una oportunidad de mejorar los procesos en el sector público y reducir costos de operación, aspectos que propenden por la confianza y aumentan la transparencia entre los ciudadanos y el Estado (Berryhill, Jamie; Bourgery, Théo; Hanson, 2018). En ese sentido, las bases de datos que el Gobierno emplea en variedad de sectores son susceptibles de ser leídos por máquinas, razón por la cual esta tecnología puede ser considerada como una solución tecnológica para analizar y usar la información para proveer datos abiertos (Carullo, 2021).

Los principios de blockchain

La tecnología de cadena de bloques resulta de gran interés por la tecnología subyacente que la caracteriza, pero también por la comunidad que se ha construido sobre la misma. De hecho, las raíces de lo que hoy se denomina *tecnología de registros distribuidos* se remonta al ideal criptoanarquista que buscaba eliminar a los intermediarios hasta el punto en que fuese posible y se presentaron varios intentos para conseguirlo.

Es el avance científico en criptografía y procesamiento lo que permitió finalmente consolidar un proyecto que se denominó protocolo Bitcoin como “un sistema de efectivo electrónico usuario-a-usuario”, el cual resultó fácilmente replicable y de ahí que hoy existan miles de protocolos de cadena de bloques con un enfoque y aplicación completamente distinto entre sí. En consecuencia, la fortaleza de *blockchain* está en los nodos que la componen y en los principios fundantes que describen a esta tecnología para garantizar la integridad del sistema (Nakamoto, 2008; Preukschat *et al.*, 2018). Dicho de otro modo, la naturaleza de la tecnología descentralizada tiene como base pilares que exigen el cumplimiento de estándares éticos por defecto y atienden al espíritu colaborativo de la comunidad que integra la red de nodos (Tapscott *et al.*, 2017).

Bajo ese entendido, la doctrina identifica algunos principios básicos en el diseño e implementación de un proyecto basado en tecnología *blockchain*, que son presentados de forma abierta en esta guía, pero no constituyen una lista cerrada:

1. **Seguridad:** señala que la cadena de bloques aplique criptografía para proveer confidencialidad y opción de verificación segura a las operaciones. Por ello, la importancia de considerar un mecanismo de uso de clave pública y privada para corroborar la identidad y evitar suplantación (Tapscott *et al.*, 2017).
2. **Resistencia:** propone que la información se replique en un gran número de nodos de forma idéntica, de manera que siempre sea posible identificar la cadena más larga y mantener vigente el funcionamiento del protocolo (Attaran y Gunasekaran, 2019). Igualmente, que se facilite la verificación de las operaciones sin requerir la intervención de una entidad central.
3. **Inmutabilidad:** se encamina a implementar medidas que garanticen la permanencia e inalterabilidad de la información registrada en la base de datos que compone la red distribuida (Tapscott *et al.*, 2017). Para tal efecto, se puede acudir a mecanismos de consenso que promuevan la colaboración colectiva con incentivos.
4. **Transparencia:** busca que todas las operaciones almacenadas en la cadena de bloques sean accesibles y visibles para todos conforme a las previsiones del proyecto (Warburg *et al.*, 2019). Es decir que cualquiera pueda identificar que se trata de una interacción real y que fue verificada por otros nodos dentro de la red. Cada uno de los registros debe contar con un estampado cronológico que permita determinar las circunstancias de tiempo y la cronología de los bloques.
5. **Creación de valor:** se propone un reconocimiento para aquellos nodos que facilitan capacidad de procesamiento dentro de la red o trabajan en pro del desarrollo de esta. En algunos protocolos el incentivo está dado en *tokens* válidos dentro de la plataforma, lo cual contribuye al crecimiento del sistema (Tapscott *et al.*, 2017).

6. **Preservación de la propiedad:** la cadena de bloques está diseñada para evitar el doble gasto y evitar posibles fraudes o suplantaciones (Tapscott *et al.*, 2017).
7. **Inclusión social:** la tecnología *blockchain* puede funcionar dentro de cualquier red, incluido los más elementales de internet como TCP/IP. Se busca que esta tecnología sea accesible para todos y, que incluso, funcione sin internet de ser necesario gracias a la verificación de pago simplificado (Tapscott *et al.*, 2017).

Ahora bien, cuando se trata del sector público, hay que considerar además la aplicación de los principios que rigen la función pública y los procedimientos administrativos consagrados en la Ley 489 de 1998, Ley 1437 de 2011, Ley 1712 de 2014, Ley 1341 de 2009 y, en particular, los establecidos en el Decreto 767 de 2022 sobre la Política de Gobierno Digital:

1. **Armonización:** la implementación de la tecnología *blockchain* puede articularse con la Política de Gobierno Digital, atendiendo al conjunto de normas, lineamientos, estándares y guías que componen esta política de manera integral.
2. **Articulación:** el proyecto de exploración de la tecnología *blockchain* puede partir de pilotos o pruebas que apropien la tecnología e identifiquen su aplicación por competencias, pero es conveniente que se encamine a una visión institucional que involucre a varios equipos y a los tomadores de decisión. Es menester que el proyecto tenga relación con los objetivos estratégicos y misionales que persiguen, así como la participación de los grupos de interés.
3. **Confianza:** es recomendable que el objetivo de implementación de tecnología *blockchain* sea promover la confianza y encaminar el equilibrio entre las expectativas ciudadanas y el funcionamiento de las instituciones públicas. Los mecanismos que se implementen en las iniciativas que involucren cadena de bloques deben ajustarse a la garantía de la seguridad digital, la protección de datos y la transparencia pública.
4. **Competitividad:** la cadena de bloques tiene el potencial de promover las capacidades de los grupos de interés y optimizar la gestión pública en aras de promover la eficiencia y economía en el Estado.
5. **Cooperación:** la tecnología *blockchain* puede propiciar el desarrollo económico y social del país, para lo cual resulta primordial promover el enfoque de compras públicas para la innovación y establecer alianzas de cooperación con la academia para la transferencia de tecnologías, conocimientos, experiencias o recursos, en el contexto nacional e internacional.
6. **Respeto de los derechos humanos:** ningún proyecto basado en tecnologías emergentes puede sobrepasar el respeto de los derechos humanos y las garantías constitucionales. Se sugiere asegurar un marco de gobernanza para denotar mecanismos suficientes y adecuados que garanticen el ejercicio pleno de los derechos de las personas en sus relaciones con el Estado.
7. **Innovación:** la tecnología *blockchain* debe potenciar la generación de valor público como estrategia para introducir e impulsar soluciones novedosas a retos públicos y de fortalecimiento a procesos de innovación centrados en las personas, que movilicen la acción colectiva, con un enfoque experimental que facilite el relacionamiento Estado-ciudadano. Se invita a considerar pruebas de conceptos y productos mínimos viables para iterar y delimitar necesidades por cada uno de los actores.
8. **Legalidad tecnológica:** el protocolo basado en tecnología distribuida que resulte para la prestación de servicios y trámites debe cumplir con la Constitución, la ley y los

- reglamentos. Los derechos que se ejercen de manera analógica también deben garantizarse en las cuestiones digitales.
9. **Participación:** se recomienda considerar procesos de deliberación, formulación, ejecución, control y evaluación de la gestión pública. Se sugiere la adopción de mecanismos basados en *design thinking* que involucren a múltiples partes interesadas en la planeación de cualquier proyecto de tecnología *blockchain*.
 10. **Proactividad:** es importante involucrar a diversos actores y desarrollar capacidades que les permitan anticiparse a las necesidades de los ciudadanos y, en general, los habitantes del territorio nacional, en la prestación de servicios de calidad y mitigar riesgos asociados a la continuidad y disponibilidad de estos, así como la identificación de riesgos. La tecnología *blockchain* es aplicable a toda clase de dependencias en cada una de las instituciones del sector público y no solo a la oficina de tecnologías de la información.
 11. **Prospectiva tecnológica:** las instituciones pueden propender por un proceso iterativo, a fin de conocer e identificar la cadena de bloques que más se ajuste a sus objetivos estratégicos, siempre que ello no afecte la inoperatividad de servicios ciudadanos digitales.
 12. **Resiliencia tecnológica:** siempre es conveniente atender a la prevención de riesgos que puedan afectar la seguridad digital. Cualquier proyecto de tecnología *blockchain* propenderá por la disponibilidad de los activos, la recuperación y continuidad de la prestación del servicio ante interrupciones o incidentes.

De esta manera, se dejan sentadas las bases en materia de principios frente a la cadena de bloques. No se puede dejar de mencionar que las instituciones del Estado se encuentran sujetas al principio de legalidad, y en esta medida deben atender a criterios mínimos definidos en el ordenamiento jurídico.

La arquitectura de *blockchain*

La diferencia entre computación centralizada y descentralizada

El almacenamiento de información y el surgimiento de soluciones basadas en *software* hizo necesario considerar un espacio físico que facilitara los servidores para la operación y servicio de sitios web y plataformas accesibles mediante internet. Ello planteó desafíos técnicos importantes, puesto que además del diseño de un servicio, se hace necesario definir la arquitectura en la que operaría y el servidor que permitiría que este servicio esté disponible permanente para los posibles usuarios.

En ese sentido, surge la computación como aquella tarea que realiza una máquina frente al proceso de cálculo orientado a un objetivo, el cual puede ser simple o complejo según el proyecto (Arjun *et al.*, 2020). Desde entonces se consolidó un modelo centralizado de cliente servidor para el almacenamiento de información, bajo la operación de un tercero responsable de la disponibilidad y mantenimiento.

El funcionamiento del servicio en un servidor central proporcionado por una compañía tenía como implicación que la información fluyera en un solo sentido, es decir, de la empresa hacia los clientes, pero no al contrario (De Filippi y Wright, 2018a). Además, se generaban traumatismos porque causaban cuellos de botella que terminaban en el colapso del acceso al servicio.

En consecuencia, se exploraron nuevos mecanismos basados en *peer-to-peer* que permitieron desarrollar soluciones en las cuales se actuara como proveedor y consumidor de recursos y ello resulta como antecedente de la computación en la nube que relacionó varios servidores deslocalizados y creó un modelo de servicio que continuó siendo centralizado, pero con múltiples servidores administrados por terceros, quienes en el marco de un contrato proveen niveles de abstracción del servicio y modelos de despliegue en nubes públicas, privadas, híbridas y comunitarias (De Filippi y Wright, 2018a; Ruparelia, 2016).

Sin embargo, a medida que se consolidaba un modelo de servicio basado en la centralización, empezaron a diseñarse otras redes superpuestas sobre internet que también partieron del modelo *peer-to-peer*, pero para intercambiar información entre nodos, sin requerir la disponibilidad de un servidor o depender de una entidad centralizada, por lo que se diseñaron sistemas inteligentes de búsqueda y se robusteció el rendimiento para la recuperación de datos de la red (Rattanapoka, 2010). Así es como se llega a la idea de la computación distribuida para resolver problemas de cálculo más complejos y prescindir de la dependencia de terceros de confianza (Arjun *et al.*, 2020).

De ahí que se distinga la arquitectura de computación centralizada como aquella que busca facilitar el acceso a información o *software*, gracias al procesamiento en componentes administrados por una entidad central y conectados entre sí (Arjun *et al.*, 2020). Mientras, la computación distribuida presenta un escenario donde se accede a la información o servicio de manera descentralizada y sin la intervención de terceros de confianza en componentes

distribuidos que están conectados, pero sin algún elemento central de coordinación o control (Arjun *et al.*, 2020).

La arquitectura de red distribuida no cuenta con un servidor central como fuente de la información, sino que comprende diversos nodos que funcionan como servidores dispersos en diferentes lugares del mundo. No obstante, solo algunos de ellos son considerados como nodos completos, los cuales son responsables de “[...] la ejecución del *software* operativo subyacente de la red, el llamado protocolo de red, para garantizar que toda la información compartida a través de la red se adhiera a ciertas normas de seguridad, formato de datos y tamaño de los bloques” (Lang, 2021, p. 120).

En todo caso, cada uno de los nodos cuenta con una copia del registro de las operaciones de la red y, al realizarse nuevas operaciones, estas deben ser validadas por otros nodos que identificarán al emisor y receptor, con el fin de establecer el origen y evitar lo que se denomina el doble gasto. Una de las virtudes más importantes de la tecnología *blockchain* radica en la posibilidad que tiene cualquier usuario de hacer trazabilidad y rastrear la transferencia de valores desde el final de la cadena hasta su origen, dando trazabilidad y seguimiento inmutable (Caballero Martínez, 2022; Tapscott *et al.*, 2017).

De igual modo, para explicar cómo se evidencian las diferencias entre la arquitectura centralizada y la distribuida en un proyecto *blockchain*, la tabla 1 muestra un comparativo (*Redes Centralizadas VS Distribuidas. | by ICommunity.io | Medium, n.d.*):

Tabla 1– Comparación entre arquitecturas centralizadas y descentralizadas

Seguridad	
CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA
Si un usuario tiene acceso a la información contenida en el servidor, cualquier dato podría agregarse, modificarse y eliminarse	Todos los datos se distribuyen entre los nodos de la red. Si se agrega, edita o elimina un dato en cualquier servidor de la red, se reflejará en todos los demás servidores de la red. Si se aceptan algunas enmiendas legales, se difundirá nueva información entre otros usuarios de toda la red. De lo contrario, los datos se copiarán para coincidir con los otros nodos. Por lo tanto, el sistema es autosuficiente y autorregulador. Las bases de datos están protegidas contra ataques deliberados o cambios accidentales de información
Disponibilidad y resiliencia	
CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA
Si se presentan varias solicitudes, el servidor puede presentar indisponibilidad y no responder adecuadamente.	Pueden soportar la presión significativa sobre la red. Todos los nodos de la red tienen los datos y las solicitudes se distribuyen entre los nodos. Por lo tanto, la presión no recae en una computadora, sino en toda la red. En este caso, la disponibilidad total de la red es mucho mayor que en la centralizada
Accesibilidad y ciberseguridad	
CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA
Si el almacenamiento central tiene problemas, no se podrá obtener su información a menos que se resuelvan los problemas. Además, si los usuarios tienen necesidades de acceso diferenciales, pero dada la centralización los procesos son uniformes y homogéneos, es posible que se presenten problemas de accesibilidad para cierto tipo de clientes.	Dado que la cantidad de computadoras en la red distribuida es grande, ataques de denegación de servicios (DDoS por sus siglas en inglés) son posibles solo en caso de que su capacidad sea mucho mayor que la de la red.

Tasas de transferencia de datos	
CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA
En redes centralizadas el usuario no puede elegir un nodo de conexión.	En redes distribuidas, el cliente puede elegir el nodo de conexión y trabajar con toda la información requerida, en el punto de localización geográfica de su preferencia.
Escalabilidad	
CENTRALIZADA	DISTRIBUIDA
<p>Las redes centralizadas son difíciles de escalar, ya que la capacidad del servidor puede ser limitada y el tráfico no puede ser infinito.</p> <p>En un modelo centralizado, todos los clientes están conectados al servidor. Por lo tanto, todas las solicitudes para recibir, cambiar, agregar o eliminar datos pasan por la computadora principal. En consecuencia, es capaz de llevar a cabo su trabajo de manera efectiva solo para el número específico de participantes. Si la cantidad de clientes es mayor, la carga del servidor puede exceder el límite de disponibilidad durante el tiempo en que se presente dicho incremento.</p>	Los modelos distribuidos no presentan problemas de escalabilidad, ya que la carga se comparte entre varias computadoras.

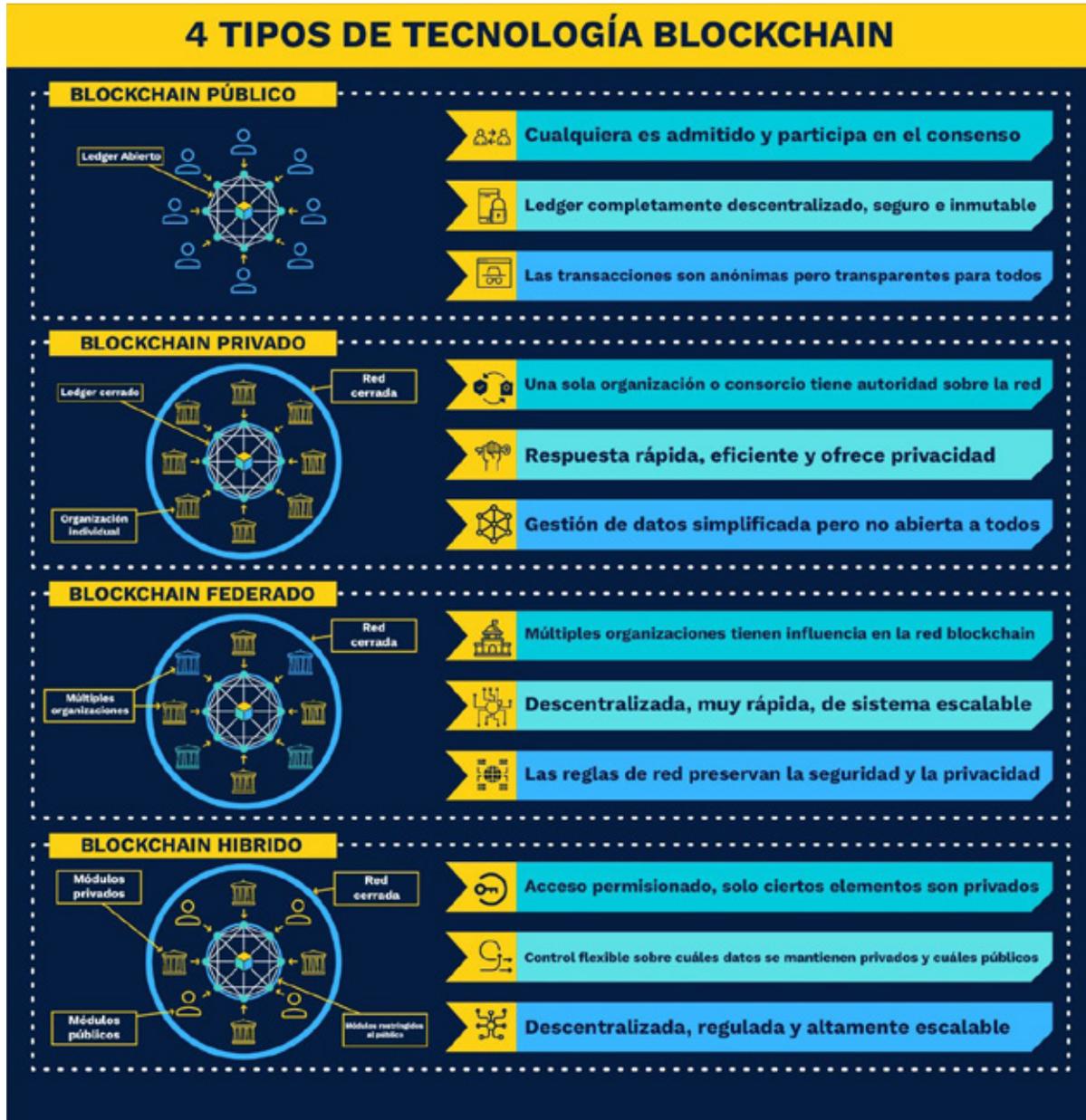
Fuente: IoCommunity.io

En algunas circunstancias será conveniente acudir a una cadena de bloques de arquitectura centralizada o distribuida conforme las necesidades del proyecto, pero al final, su diseño y adopción propende por la reducción del 'coste de la confianza', lo que permite optimizar recursos y promover una cultura organizacional abierta y transparente en el Estado (Lang, 2021).

Identificación de los tipos de blockchain

Se han identificado varios tipos de *blockchain*, descritos gráficamente en la figura 2:

Figura 1 – Tipos de blockchain



Fuente: Tomado de 101Blockchains.com.

A continuación se presentan los tipos de *blockchain* más comunes:

Blockchain públicos

Cualquiera puede leer un *blockchain* público, enviar transacciones o participar en el proceso de consenso. Se los considera “sin permiso”. Todas las transacciones son públicas y los usuarios pueden mantenerse anónimos en algunas aplicaciones. Bitcoin y Ethereum son ejemplos destacados de *blockchain* públicos.

Ventajas:

Todo aquel que quiere puede obtener copias de las transacciones, ya que están distribuidas entre todos los participantes

Todo aquel que así lo desee puede unirse a la red.

Al ser redes públicas, todos los participantes tienen los mismos derechos y nadie está a cargo o tiene alguna propiedad especial.

Nadie puede cambiar o manipular los datos una vez han sido registrados.

Desventajas:

Alto consumo energético.

Todas las transacciones pueden ser rastreadas hasta una misma billetera, aunque en la mayoría de los casos no supone un problema dado que las cuentas suelen ser anónimas.

Se debe pagar comisión a los mineros para realizar transacciones.

Blockchain privados

Los *blockchain* privados son controlados por una única organización o consorcio que determina quién puede leerlos, presentar transacciones en este y participar en el proceso de consenso. Dado que están cien por ciento centralizados, los *blockchain* privados son además útiles como entornos de prueba.

Ventajas:

Poseen mayor rendimiento, lo que se traduce en velocidad, porque la cantidad de actores en la red es menor.

Dado que son redes privadas, el anonimato no existe y presenta un mayor nivel de confiabilidad.

Los usuarios no deben pagar comisión por el uso de la red.

Desventajas:

Los registros se encuentran centralizados totalmente y son de acceso cerrado, por lo que pertenecen a una única entidad u organización.

Blockchain de consorcio o federados

En los *blockchain* de consorcio, el proceso de consenso es controlado por un grupo preseleccionado, un grupo de empresas o instituciones. Por ejemplo, el derecho a leer el *blockchain* y enviar transacciones puede ser público o restringido a los participantes. Los *blockchain* de consorcio se consideran '*blockchain* autorizados'.

Ventajas:

Reduce costes de transacción y redundancia de datos y reemplaza los sistemas legales, esto simplifica la gestión de documentos y se deshace del mecanismo de cumplimiento semimanual.

Permiten descargar la aplicación de *blockchain* y programar la cadena a gusto, escoger quién puede participar y bajo qué reglas se regulan las transacciones.

Es posible y común crear entornos federados haciendo un *fork* de una red pública, para crear así una propia red personalizada.

Desventajas:

Los propios administradores o entidades a cargo de la red proporcionan los recursos computacionales necesarios que cumplan con el propósito de generar el *hash*.

Blockchain semiprivado o híbridos

Son operados por una sola empresa que le otorga acceso a cualquier usuario que satisfaga los criterios preestablecidos. Aunque no esté verdaderamente descentralizado, este tipo de *blockchain* autorizado es atractivo para los casos de uso *business-to-business* (negocios dirigidos a empresas) y aplicaciones de gobierno.

No obstante, es importante tener en cuenta que los híbridos son los que combinan redes privadas y públicas. A su vez, pueden tener operaciones en modo privado que eventualmente se registran en la red pública.

Ventajas:

Funciona en un ecosistema cerrado, esto significa que las empresas u organizaciones no tienen que preocuparse de que su información se filtre cuando aprovechan la tecnología *blockchain*.

Cambia las reglas cuando es necesario, sin embargo, la naturaleza del cambio depende de lo que se está tratando de hacer.

Protección contra el ataque del 51 % (cuando una persona o grupo controla el 51 % del poder de la red), ya que los piratas informáticos no pueden acceder a la red para llevar a cabo el ataque.

Protege la privacidad mientras se comunica con el mundo exterior.

Bajo costo de transacción, ya que requieren pocos nodos para verificarlas.

Desventajas:

Proporciona un control flexible sobre *blockchain*.

Configuración de permisos de red *blockchain*

Las redes *blockchain* pueden tener configuraciones de permisos en diversos niveles de acceso, por ejemplo, las configuraciones autorizadas indican acceso solo por invitación, privado o restringido. Las configuraciones sin permiso están completamente abiertas con acceso público. Las tres principales configuraciones de permisos en la red *blockchain*, son las siguientes:

- Acceso de lectura (capacidad para ver transacciones e información).
- Acceso de escritura (capacidad para enviar transacciones e información).
- Acceso a la participación por consenso (capacidad para servir como un nodo de validación de transacciones).

La tabla 3 expone las ventajas y desventajas de la configuración de la red *blockchain* sin permisos, con base en la construcción desarrollada por el Foro Económico Mundial para el uso de *blockchain* aplicado a licitaciones públicas:

Tabla 2 - Ventajas y desventajas de la configuración de red *blockchain* sin permisos

Ventajas y desventajas de la configuración de red <i>blockchain</i> sin permisos, aplicado a licitaciones publicas	
<p>Acceso de lectura: sin permiso (con esquemas de confidencialidad de ofertas cuando corresponda).</p>	<p>Acceso de escritura: sin permiso (excepto para la participación de proveedores autorizados)</p>
<p>- Toda la información sobre transacciones y licitaciones es pública, lo que permite registros públicos permanentes y escrutinio en tiempo real. La legibilidad pública es fundamental para que los ciudadanos apropien la plataforma.</p> <p>- Todas las ofertas públicas son visibles públicamente a partir del anuncio de la subasta. Nunca están encriptados y deben estar disponibles para acceso público inmediato.</p> <p>- Todas las ofertas de los proveedores son públicas, pero están cifradas para todas las partes desde el momento en que se envían, hasta después del cierre del período de licitación, cuando se pueden descifrar. Una vez que el licitador concluye cada ronda de evaluación de ofertas, publica para el registro público toda la información de la oferta que se le reveló durante esa ronda de evaluación.</p> <p>- Las decisiones de licitación y las evaluaciones por parte del licitador son siempre visibles al público y permanecen en registros permanentes tan pronto como se toman las decisiones. El público puede comentar sobre decisiones y evaluaciones durante períodos preestablecidos en el proceso de contratación.</p>	<p>- El acceso de escritura pública les permite a los ciudadanos y otros actores que monitorean el proceso comentar dentro del sistema y generar alertas sobre posibles comportamientos sospechosos. El público puede presentar comentarios y quejas dentro del sistema durante períodos preestablecidos para comentarios públicos.</p> <p>- La presentación de ofertas de proveedores está parcialmente "autorizada" en la solución. Cualquiera puede enviar ofertas, pero solo se revisan las ofertas de cuentas prerregistradas oficialmente y que se registren mediante su propia contraseña. Todas estas ofertas están documentadas y el licitador no puede eliminarlas ni "censurarlas".</p> <p>- La capacidad de un gobierno para realizar una oferta pública dentro de la solución <i>blockchain</i> también está "autorizada", de forma que los participantes que inician y realizan subastas en el sistema deben ser aprobados previamente por la institución a cargo de la licitación.</p>

Ventajas y desventajas de la configuración de red <i>blockchain</i> sin permisos, aplicado a licitaciones publicas	
Acceso de participación por consenso (participación en la verificación de la transacción): sin permiso	Desventajas de una configuración de <i>blockchain</i> sin permisos:
<p>- El consenso sin permisos proporciona un alto grado de seguridad de red, medido en términos de la tasa de <i>hash</i> de la red para redes de prueba de trabajo como Ethereum. A través de varios tipos de algoritmos de consenso descentralizados más allá de la prueba de trabajo, la seguridad de la red es generalmente más alta en los sistemas sin permiso, ya que permiten más participantes de nodos, lo que a su vez aumenta los costos y la dificultad de un ataque de "doble gasto", donde un actor malintencionado o corrupto puede dominar el poder computacional o de voto de la red, ya sea mediante prácticas ilegales o colusión con otros nodos, con el fin de comprometer transacciones y registros.</p> <p>- En general, la mayor seguridad de red que ofrece la descentralización maximizada del proceso de consenso solo se puede lograr en redes <i>blockchain</i> de consenso sin permiso. Es particularmente valioso para los casos de uso de anticorrupción, ya que aumenta el costo y aumenta la dificultad de los actores corruptos para afectar indebidamente las transacciones y los registros en el sistema.</p> <p>- Para las instituciones que organizan una nueva aplicación o servicio descentralizado, la participación por consenso sin permiso, generalmente tiene menores costos de configuración y mantenimiento, ya que no es necesario que ciertos participantes configuren nodos para operar la red.</p> <p>Por el contrario, en una red de consenso autorizado, los nodos prediseñados, u otras partes en su nombre, tendrían que asumir los costos de configuración y mantenimiento continuo, seguridad y actualización del <i>software</i>. También puede ser difícil identificar entidades adecuadas y confiables para operar los nodos.</p>	<p>- Rendimiento y escalabilidad de las transacciones: en igualdad de condiciones, las redes <i>blockchain</i> con participación de consenso sin permiso tienen una menor escalabilidad y rendimiento de transacciones, ya que sus algoritmos de consenso tienen requisitos de aprobación de transacciones más altos. La mayoría de las principales redes <i>blockchain</i> sin permisos tienen un rendimiento de transacciones hoy limitado. La red principal de Ethereum actual puede procesar aproximadamente 15 transacciones por segundo para todos los participantes globales, y, por lo tanto, actualmente no es adecuado para una implementación a gran escala. Con la congestión de la red, incluida la que podría ser causada por la propia aplicación de adquisiciones, las velocidades de transacción de la solución podrían ralentizarse.</p> <p>- Tarifas de transacción: las redes de <i>blockchain</i> de consenso sin permisos requieren tarifas de transacción, por realizar la verificación de la transacción, para compensar a los nodos o a los mineros. Las tarifas de transacción generalmente se envían junto con las transacciones en el sistema. El uso de tarifas de transacción plantea varios problemas:</p> <p>(i) Si bien las tarifas de transacción son generalmente muy bajas en las redes <i>blockchain</i>, son variables y pueden aumentar rápidamente en tiempos de congestión o estrés de la red.</p> <p>(ii) El uso de criptoactivos para tarifas de transacción puede ser problemático en jurisdicciones donde su uso es ilegal o no permitido explícitamente.</p> <p>(iii) Las tarifas de transacción pueden comprometer el anonimato del proveedor durante el período de licitación, ya que es posible que los proveedores deban pagar una tarifa de transacción rastreada al presentar su oferta.</p> <p>- Puede que no sea legal que los proveedores paguen costos adicionales (es decir, tarifas de transacción) para utilizar un sistema de adquisición electrónica.</p> <p>- Consumo de energía: un sistema basado en <i>blockchain</i> de prueba de trabajo, como el actual Ethereum, requiere un consumo y un costo de electricidad sustanciales. Los algoritmos de consenso alternativos, como la prueba de participación, consumen significativamente menos electricidad.</p>

Fuente: Foro Económico Mundial Piloto de Transparencia con Procuraduría de Colombia.

¿Cómo hacer una integración blockchain?

Blockchain, como red distribuida con unas características especiales, está soportada por sus nodos independientes, por lo tanto, inicialmente no sería necesario llevar la red de *blockchain* a los servicios de nube. No obstante, si los nodos de esta red son inestables, puede causar demoras en el procesamiento de los servicios. En caso de que se requiera la escalabilidad de los servicios de *blockchain*, los servicios dispuestos en la nube, entre otros criterios, pueden brindar la estabilidad requerida, de esta forma una integración entre nube y *blockchain* puede ser una solución que permite escalar y asegurar la disponibilidad de los servicios.

Es importante evaluar los casos en los que tiene sentido una integración en la nube para la operación de servicios *blockchain*, de forma que este tipo de solución se use para aquellas organizaciones que requieren aumentar las capacidades y evitar posibles dificultades con la tecnología existente.

Para realizar una integración *blockchain*, las entidades deben centrarse en los siguientes tres aspectos: la integración técnica, transaccional y organizativa.

Integración técnica: es importante entender cómo pueden desarrollarse la integración y operación con las tecnologías de la información existentes, y ver su engranaje con las transacciones *blockchain*.

Integración transaccional: se deben tomar decisiones sobre qué tipo de registros se requieren incluir en la cadena de bloques. Al respecto, es importante tener de referencia los lineamientos sobre Lenguaje Común de Intercambio del Ministerio TIC.

Integración organizacional: se debe contemplar la integración de cada participante en las transacciones de la cadena de bloques (*El Profundo Impacto de La Integración de Blockchain - IBM Systems Blog Para Latinoamérica - Español*, n.d.).

¿Cómo se validan los datos en blockchain?

La validación de la información se lleva a cabo mediante un mecanismo llamado *consenso*. Este mecanismo define si un registro o información se puede inscribir en un bloque.

Una red *blockchain* puede “ponerse de acuerdo” en una transacción de muchas formas, dependiendo del ámbito de aplicación del proceso que esté sucediendo, a continuación, solo se desarrollarán los “consensos” más usados (BlockChain Services, 2020).

Prueba de trabajo (PoW)

Es uno de los de consensos más populares, y especialmente usado en criptoactivos. Los nodos muestran su esfuerzo (*proof-of-work*) compitiendo por resolver un complicado problema criptográfico que exige muchos cálculos y, por ende, muchísima energía en computación (*PoW*, *PoS* y *Pol Para Principiantes*, n.d.).

Prueba de participación (PoS)

La prueba de participación es una alternativa al PoW para *blockchain* públicas. En este caso, los nodos validan los nuevos bloques de la cadena en una especie de lotería, en donde los boletos serían el *token* de turno. Este tipo de mecanismos es muy ágil, pero puede tener una desventaja, por ejemplo, quienes tengan más criptoactivos, más criptoactivos ganan (*PoW*, *PoS* y *Pol Para Principiantes*, n.d.).

Prueba de participación delegada (DPoS)

Es una versión del PoS donde los propietarios del criptoactivo eligen testigos (de allí su denominación delegada), esto permite una gran descentralización que puede beneficiar potencialmente a pequeños propietarios, pero facilitar posibles prácticas anticompetitivas que podría promover la cartelización, lo cual, iría en contra de la libre y sana competencia (BlockChain Services, 2020).

Prueba de participación alquilada (LPoS)

Waves diseñó este refinado protocolo para resolver problemas de centralización y vulnerabilidades a ciertos ataques. Los pequeños propietarios ‘alquilan’ o agrupan sus *tokens* para tener más opciones de generar un nuevo bloque y ganar la recompensa (BlockChain Services, 2020).

Prueba de tiempo transcurrido (PoET)

Este algoritmo, desarrollado por *Hyperledger Sawtooth*, sirve para redes públicas o privadas; define tiempos de espera aleatorios para generar nuevos bloques por nodos estocásticamente elegidos. Es muy imparcial, pero depende del nivel de procesamiento que tengan los nodos de la red (BlockChain Services, 2020).

Tolerancia práctica de fallos bizantinos (PBFT)

Hace su nombre en referencia al cuento de los generales bizantinos. En este caso, los generales se conocen y confían los unos en los otros, simplemente para generar conceptos hacen votaciones en varias rondas.

Gobernanza de la tecnología *blockchain*

La innovación plantea la implementación de un bien, un servicio o un proceso nuevo o mejorado, lo que favorece el avance social y económico. Sin embargo, cuando se trata de un desarrollo lo suficientemente disruptivo, es menester abordar una estrategia de mitigación de riesgos al tratarse de un fenómeno que puede afectar el ejercicio de derechos (Cantero Gamito y Ebers, 2021). En consecuencia, las múltiples partes interesadas encontraron en la gobernanza un mecanismo idóneo para diseñar, desplegar y usar algoritmos con base en reglas y principios acordados en instrumentos de buenas prácticas (Hatfield-Dodds *et al.*, 2007).

En ese sentido, la gobernanza de la tecnología *blockchain*:

“[S]e refiere a cómo se inicia y gestiona una cadena de bloques. Define las normas y los procedimientos sobre la pertenencia a la red, la gestión de los permisos, la validez de las transacciones, la emisión de nuevos activos y su *tokenización*, la resolución de conflictos, las actualizaciones del *software*, los informes reglamentarios y la protección contra los riesgos cibernéticos” (Akgiray, 2019).

En efecto, el enfoque de gobernanza propone centrar el diseño de la cadena de bloques en un sistema equilibrado que se refleja en principios y el conjunto de buenas prácticas afirmadas por los actores del ecosistema (Allen y Berg, 2020). La gobernanza de la tecnología *blockchain* atiende a la observación de procesos, dirección, gestión y supervisión de las actividades en un ecosistema de red descentralizado, pero bajo el imperio de unos presupuestos técnicos que respetan estándares de integridad, consenso e incentivos que podrían entrar en conflicto con valores tales como la privacidad y seguridad de la información (Y. Liu *et al.*, 2021). Por tanto, es importante que la adopción de un proyecto en tecnología *blockchain* atienda primero a un estudio de análisis de impacto y la previsión de una estrategia para determinar si *blockchain* es la solución tecnológica idónea o si conviene acudir a un sistema centralizado.

○ **Hoja de ruta para implementar un enfoque de gobernanza de la tecnología *blockchain***

Aunque los estudios sobre la gobernanza de la tecnología *blockchain* aún están en desarrollo, mientras se despliega y prueba la tecnología, un estudio propuesto por investigadores de la Universidad de *New South Wales* propone la siguiente hoja de ruta (Y. Liu *et al.*, 2021):

1. Establecer el nivel de descentralización: se trata de definir los requisitos de red para el funcionamiento del sistema y determinar los atributos compatibles con el proyecto. Puede ser una red de *blockchain* permitida privada, permitida pública o pública sin permisos.

2. Definir cuál será la red de la cadena de bloques y establecer cuáles serán los incentivos para lograr el consenso entre las partes interesadas: el funcionamiento de la cadena de bloques exige la participación de múltiples nodos que ocupan roles dentro de la red, por lo que se requiere crear incentivos para que terceros presten capacidad de procesamiento y confirmen las operaciones. Los incentivos pueden darse fuera de la cadena de bloques, de acuerdo con las especificaciones del proyecto.
3. Crear un proceso que permita favorecer la transparencia: el propósito de *blockchain* es proveer confianza, así que el diseño del algoritmo se encamina a la toma de decisiones de forma colectiva al interior de la red. La transparencia propone un órgano de decisión en las partes interesadas por consenso y otra mediada en la gobernanza de la plataforma por los desarrolladores, pero en algunos casos es posible determinar que determinados nodos sean validadores.
4. Generar rendición de cuentas por canales institucionales: identificación de los responsables y de la mitigación del abuso de poder de ciertos nodos dentro de la red.
5. Fomentar la ampliación de la gobernanza dentro del ecosistema: expandir la usabilidad de la cadena de bloques, incluso fuera de la plataforma predeterminada, de suerte que se puedan desplegar en una capa de plataforma, aplicaciones o datos estructurados para su análisis.
6. Gestionar el cumplimiento legal y la responsabilidad ética: cumplir con las normas mínimas establecidas en el ordenamiento jurídico para el despliegue y uso de una plataforma basada en *blockchain*. Igualmente, atender a las normas técnicas y lineamientos éticos para mitigar los riesgos y reducir la incertidumbre.

Se debe agregar, entonces, que aunque es posible identificar un esquema de gobernanza propio de *blockchain*, en atención a que la infraestructura se compone de capas de otras tecnologías, “[c]ada nueva capa de la pila hereda los protocolos y las reglas de la capa inferior, incluida la gobernanza de las capas inferiores” (Soudan, 2021, p. 6). A modo de ejemplo, las bases de la gobernanza de internet resultan aplicables a la cadena de bloques, ya que elementos como la neutralidad tecnológica y la democratización del acceso tienen incidencia en el intercambio de información que se efectúa con la tecnología descentralizada.

La exposición de este marco de gobernanza *blockchain* para el Estado busca proporcionar mayor seguridad y confianza en el despliegue e implementación, pero no se restringe a un modelo único. Por el contrario, se presentan las bases para que las entidades públicas cuenten con un marco común y así contribuir en la masificación de la tecnología distribuida en distintos niveles.

De hecho, la tecnología *blockchain* sigue en desarrollo, razón por la cual el enfoque de política pública sugiere el desarrollo de proyectos piloto focalizados, para así identificar los casos de uso clave y definir un proceso de certificación adecuado con estándares y normas técnicas que se acojan a la interoperabilidad de los servicios ciudadanos digitales (Allessie, David; Sobolewski, Maciej; Vaccari, 2019).

○ **Un proyecto de tecnología *blockchain* en el sector público colombiano**

Un proyecto de tecnología *blockchain* en el sector público exige revisar en detalle los requerimientos del reto público a resolver y la usabilidad que tendría la base de datos distribuida, ya que dependiendo del tipo de proyecto se tendrá que acudir a una cadena de bloques con mayores o menores restricciones, como compensación a cuestiones de política pública vinculadas a la privacidad, la interoperabilidad y la seguridad (Hileman y Rauchs, 2017). Es decir, puede que en algunos proyectos la infraestructura de datos exija mayor cuidado, mientras que en otros la publicidad y la transparencia pueden ser el factor relevante.

Además de la infraestructura, también es importante considerar las aplicaciones con la cuales se puede vincular la cadena de bloques del proyecto, ya que la gobernanza también se extiende al uso de aplicaciones descentralizadas (DApps) y contratos inteligentes que se vinculen a la red. De hecho, también conviene contemplar en el esquema de gobernanza que existe una gestión del ciclo de vida del *software*, en el que además de la cadena de bloques, se debe considerar lo que concierne a instalación, configuración, almacenamiento y mantenimiento (Tsvetkov y Kostadinov, 2019).

En todo caso, la implementación de tecnología *blockchain* exige el cumplimiento del principio de legalidad, lo cual indica que las entidades del Estado están obligadas a cumplir lo establecido expresamente en la ley colombiana, y por ello, el modelo de gobernanza de la tecnología *blockchain* para gobierno está vinculado al cumplimiento normativo propio de la protección de datos personales, la interoperabilidad y la seguridad de la información. En tal sentido, una adecuada estrategia de cumplimiento normativo debe considerar la ubicación del almacenamiento de datos, los nodos que participan en la red, la ubicación de los usuarios y el tipo de cadena de bloques en uso (Holbrook, 2020b).

Para este efecto, la coordinación entre la oficina de tecnologías de la información y los equipos jurídicos será clave para dimensionar el alcance del proyecto e identificar las diferentes aristas en términos regulatorios, para cumplir con los lineamientos normativos en la materia y reducir el riesgo propio de la innovación desde aspectos éticos (Holbrook, 2020b). La doctrina propone que el entorno de gobernanza para el Estado se componga tanto por legislación, como derecho blando, lo que pone de presente la necesidad de atender al ordenamiento jurídico, pero también adoptar un enfoque basado en ética digital (Castaño, 2019; Tan *et al.*, 2022).

Tecnología *blockchain* para promover el gobierno abierto

El gobierno abierto es una nueva forma de actuar mediante la cual las administraciones públicas, a través de planes de acción, ofrecen información sobre su gestión bajo acciones de transparencia, rendición de cuentas y participación de los ciudadanos en la gestión de los asuntos públicos. Como se mencionó en capítulos anteriores de la presente guía, estos componentes

pueden ser potenciados a través del uso de tecnología *blockchain* en el sector público colombiano.

Este concepto está sustentado por los siguientes tres pilares básicos: la transparencia, ya que la Administración debe poner a disposición del ciudadano toda la información sobre lo que hace y cómo lo hace, en cumplimiento de la normativa establecida; la colaboración para facilitar el trabajo conjunto entre la sociedad civil, las empresas y la Administración; y la participación, directa o indirecta, de la ciudadanía, lo que requiere acceso a información que las administraciones públicas deberán poner a disposición.

Transparencia

Los gobiernos han desarrollado normas sobre transparencia como aspecto esencial para fomentar un gobierno abierto y en garantía de los derechos de las personas. Mediante las medidas de transparencia, los datos deben ponerse a disposición del ciudadano y, además, el control del acceso a esa información tiene que estar regulado conforme con el consentimiento de los datos personales autorizados por el titular de acuerdo con la normativa de protección de datos. La transparencia está directamente relacionada con el deber de los poderes públicos de poner a disposición de los ciudadanos la información y los datos relacionados con su gestión.

En cuanto a la garantía en materia de transparencia:

La tecnología *blockchain* permitiría contar con sistemas de registro que faciliten la consulta y seguimiento de las operaciones del Estado, favoreciendo un cambio en el ejercicio de la práctica institucional que promueva una mayor apertura a la información, permitiendo la generación de controles ciudadanos y facilitando una mayor eficiencia en la gestión de los entes de control. A través de dichos registros, se creará una identidad digital propia de cada elemento u operación que permitirá conocer su historia y realizar su seguimiento en función de los niveles de transparencia que se establezcan y los permisos que se otorguen. (Lucas, 2019).

Para impulsar el Gobierno Abierto a través de *blockchain* es necesario desarrollar los siguientes componentes:

Trazabilidad

La trazabilidad es la capacidad de:

[...] verificar el historial, la ubicación o su estado mediante una identificación documentada. La fusión de la serialización, es decir, la asignación de identificadores únicos a productos que van desde bienes de consumo hasta dispositivos médicos complejos, con fabricación inteligente y trazabilidad es el primer paso hacia una visibilidad completa de extremo a extremo de las cadenas de suministro, entre otros usos. A medida que se realiza el seguimiento de los productos, los datos resultantes general alto valor y brindan una gran cantidad de información que las organizaciones y la ciudadanía pueden utilizar para tomar mejores decisiones. (Roy, 2019).

Un caso en el que el uso de *blockchain* en la trazabilidad en la cadena de suministro, podría haber permitido un seguimiento exhaustivo y la identificación instantánea de todas las lechugas romanas infectadas durante los brotes de E. coli de en el año 2017, según lo informado por la Agencia de Salud Pública de Canadá. En el caso concreto, se tuvieron que retirar todas las lechugas contaminadas, lo que demostró deficiencia del proceso de seguimiento y rastreo. Un sistema de trazabilidad más completo, preciso y responsable habría ofrecido una visibilidad sustancial de los productos y habría ayudado a que toda la cadena de suministro fuera más segura. (*Could Blockchain Have Solved the Mystery of the Romaine Lettuce E. Coli Outbreak?* | *The Seattle Times*, n.d.).

Soberanía de los datos

La soberanía de los datos se desarrolla “a partir de lo que se conoce como identidad soberana, también conocida como autosoberana (SSI, por sus siglas en inglés), en el que la descentralización es posible dando a los usuarios el control, no solo de sus identificadores, sino también de los datos asociados con ellos” (Lyons *et al.*, 2019).

Un enfoque SSI posibilita que la información se controle mediante elementos identificadores, de forma que se almacenen los datos de la identidad a través del historial de las transacciones de los datos asociados a la identificación del sujeto que realiza la transacción, incluso, permitiendo que los usuarios controlen cuántos datos comparten; además, se posibilita que el uso de los datos pueda monetizarse si esto es autorizado por el usuario.

Zero Knowledge Proof -ZKP (prueba de conocimiento cero)

- La tecnología Zero Knowledge Proof o prueba de conocimiento cero, “una técnica que emplea algoritmos criptográficos para que varias partes puedan verificar la veracidad de una información sin necesidad de compartir los datos que la componen” (*Zero Knowledge Proof: Cómo Preservar La Privacidad En Un Mundo Basado En Datos* | BBVA, n.d.). En la figura 6 se muestran los atributos y usos de esta metodología de gestión de la información.

Colaboración

Un gobierno colaborativo “implica un compromiso de brindar escenarios de cooperación abierta entre la ciudadanía y demás agentes en la gestión de la Administración Pública. La apertura hacia la colaboración también debe brindarse al interior de las entidades públicas entre sus servidores, así como entre estos y las entidades” (Cordero, 2019).

Para facilitar la colaboración, en la tecnología *blockchain* se requiere impulsar la interoperabilidad.

Servicios Ciudadanos Digitales

El Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), con el fin de apoyar la transformación digital de los trámites y servicios en las entidades públicas, adoptó el modelo de los Servicios Ciudadanos Digitales (SCD), el cual pretende enfrentar los retos que imponen los entornos digitales a través de tres servicios bases: 1) Autenticación Digital, 2) Carpeta Ciudadana Digital, 3) Interoperabilidad. Este último busca mejorar las condiciones de intercambio de información, ya que las entidades públicas deben estar interconectadas y operar

de manera articulada como un único gran sistema. De conformidad con la Ley 1341 de 2009, el Ministerio TIC desarrolla políticas enfocadas a las tecnologías de la información y las comunicaciones conforme con el principio de “masificación del gobierno en línea”.

Con base en lo anterior, el Ministerio TIC ha conceptualizado y diseñado un modelo integral que incorpora los proyectos de interoperabilidad, autenticación digital y carpeta ciudadana, bajo el nombre de *Servicios Ciudadanos Digitales*, este modelo tiene por objeto facilitar a los ciudadanos su interacción con la Administración pública y optimizar la labor del Estado.

Interoperabilidad

La *interoperabilidad* es:

La capacidad de las organizaciones para intercambiar información y conocimiento en el marco de sus procesos de negocio para interactuar hacia objetivos mutuamente beneficiosos, con el propósito de facilitar la entrega de servicios digitales a ciudadanos, empresas y a otras entidades, mediante el intercambio de datos entre sus sistemas TIC. (MinTIC, 2021).

Para lograr la interoperabilidad, el Ministerio TIC dispuso del Marco de Interoperabilidad (figura 10) como un enfoque común para la prestación de servicios de intercambio de información. Este marco define el conjunto de principios, recomendaciones y lineamientos que orientan los esfuerzos políticos y legales, organizacionales, semánticos y técnicos de las entidades, con el fin de facilitar el intercambio seguro y eficiente de información.

La figura 6 describe cómo se alinean institucionalmente los distintos elementos y actores que deben existir para garantizar la interoperabilidad de los sistemas creados por parte de las organizaciones del sector público.

Figura 2- Modelo Conceptual del marco de Interoperabilidad concebido desde el gobierno colombiano



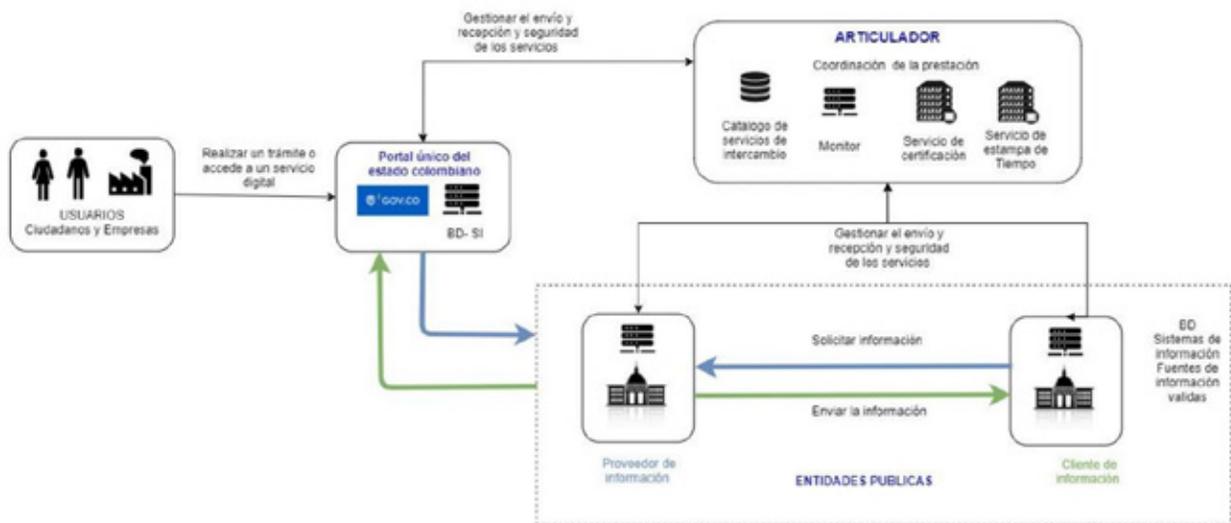
Fuente: (agosto de 2019) Marco de interoperabilidad para Gobierno Digital. Viceministerio de Economía Digital. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones.

El Marco de Interoperabilidad ofrece un modelo de madurez, una serie de actividades que pueden ser usadas como referentes por las entidades para compartir datos a través de servicios de intercambio de información vinculados a los servicios digitales de la ciudadanía, con el propósito de facilitar la prestación de sus trámites y servicios a los ciudadanos, empresas y otras entidades públicas en el país.

Interoperabilidad X-Road

X-Road es una solución de capa de intercambio de datos de código abierto y gratuita que permite a las organizaciones intercambiar información de forma segura a través de Internet. X-Road se lanza bajo la licencia de código abierto del MIT (<https://opensource.org/licenses/mit-license.php>) (*The MIT License | Open Source Initiative, 2022*).

Figura 3 Modelo de contexto del servicio IO



Fuente: (MinTIC, 2020)

Las características principales de X-Road (*X-ROAD Colombia Es Una Solución de Capa de Intercambio de Datos Open, n.d.*) son:

- Mejora la calidad de los servicios y productos existentes.
- Permite nuevos tipos de innovaciones de servicio.
- Ahorro en infraestructura, archivo y otros costes.
- Seguridad de datos estandarizada y protección de la privacidad.
- Fácil implementación, acceso a datos a través de interfaces: después de conectar, todos los servicios incluidos están disponibles.
- Confidencialidad, integridad e interoperabilidad entre las partes que intercambian datos.

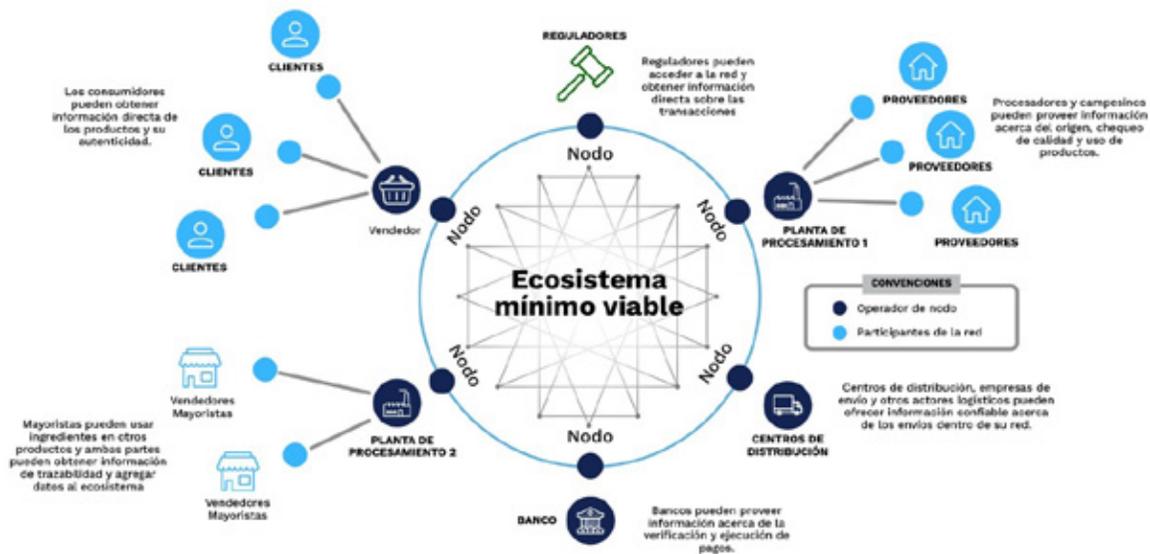
Interoperabilidad Blockchain

De acuerdo con Schulte *et al.* (2019), la interoperabilidad entre cadenas de bloques no suele estar prevista en los protocolos y estándares existentes. Esto limita funcionalidades como el envío

de *tokens* de un participante a otro o la invocación y ejecución de contratos inteligentes, ya que solo pueden llevarse a cabo dentro de una única cadena de bloques. Dado lo anterior, es importante que las iniciativas de *blockchain* consideren esta limitación en sus hojas de ruta de implementación, dado que aún es un tema de investigación.

Con referencia a la necesidad de implementar la interoperabilidad de los servicios *blockchain*, el Foro Económico Mundial ha puesto a disposición de la ciudadanía una caja de herramientas detallada que comprende todas las aristas de una implementación *blockchain* aplicada en el contexto de Interoperabilidad.

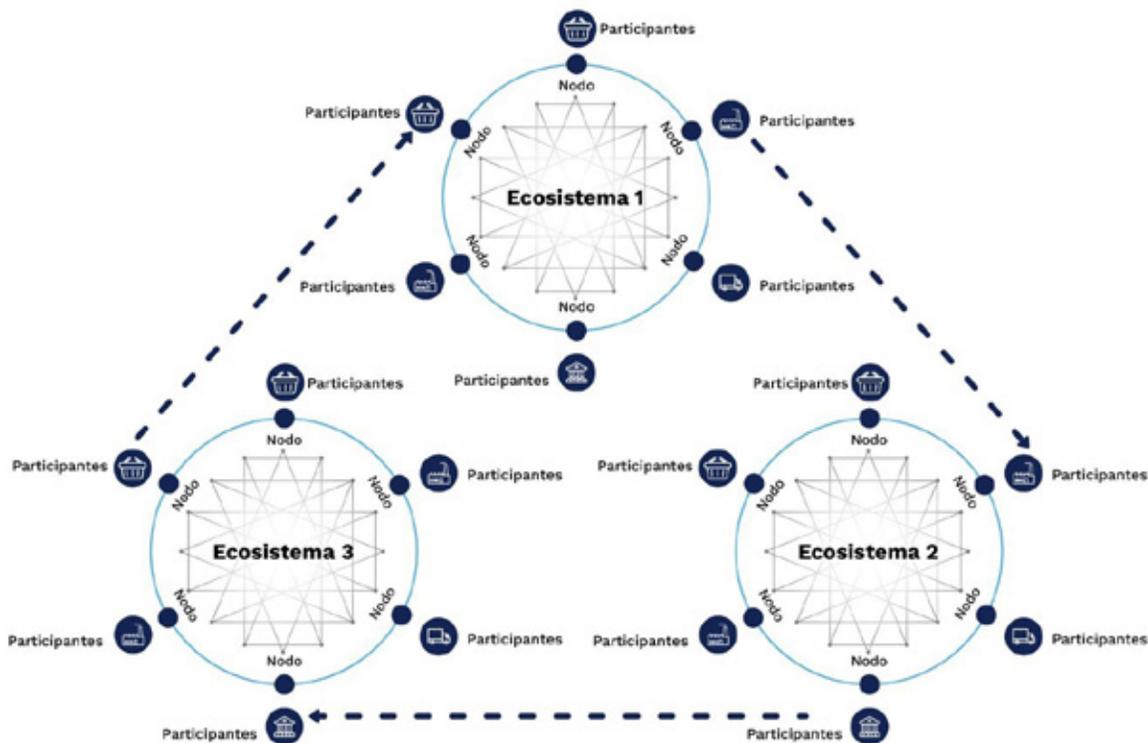
Figura 4 – Marco de Interoperabilidad en ecosistemas de suministro blockchain limitados



Fuente: elaborado por el Ministerio TIC con base en el Marco de Referencia de Interoperabilidad del Foro Económico Mundial.

Una implementación de *blockchain* se integrará e interoperará tal y como se visualiza en la figura 9:

Figura 5 – Intersección de Ecosistemas Globales de Cadenas de Abastecimiento



Fuente: elaborado por el Ministerio TIC con base en el Marco de Referencia de Interoperabilidad del Foro Económico Mundial.

Participación

Blockchain puede facilitar la participación de la ciudadanía a través de “un sistema de acceso sencillo y libre a la información, bajo el cual se podrá impulsar la participación de los ciudadanos como elemento clave de este modelo de gobernanza basado en la democratización de la información” (Lucas, 2019). Con el fin de incrementar la participación ciudadana, el uso del *blockchain* permitirá aportar modelos innovadores de intercambio de información pública a través de mecanismos disponibles en formatos abiertos y accesibles, e impulsar la colaboración activa en los gobiernos.

Los mecanismos de participación ciudadana “están estrechamente ligados a las nuevas tecnologías que se están implantando para mejorar las vías democráticas y los procesos conjuntos instituciones-sociedad¹. De este modo, se pretende desarrollar herramientas eficaces y accesibles a la participación mejorando la comunicación entre ambas partes. Una de las formas de participación política tradicional son las elecciones. Es un reto para el Gobierno encontrar soluciones seguras para el voto electrónico, digital o virtual. Una consecuencia del gobierno abierto es la apertura de datos públicos a los ciudadanos, lo que implica la publicación de información del sector público en formatos que permitan su reutilización por terceros para generar nuevo valor. Toda la información que se facilita —que debe ser completa, accesible para todos,

¹ (Shermin, 2017)

gratuita y no restringida, es decir, legible, no discriminatoria y libre— constituye el insumo para la innovación, además de incrementar la transparencia del gobierno y la rendición de cuentas a la ciudadanía”².

Identidad digital

Una identidad digital es

(...) una presencia en línea que representa la voluntad y consentimiento de un usuario en un ecosistema tecnológico. Una identidad podría pertenecer a una entidad legal, un intermediario financiero o un objeto físico. Idealmente, una identidad digital se verifica mediante un elemento de confianza que confirme la legitimidad de un actor, de modo que aquellos que interactúan con la identidad digital de ese actor tengan confianza en que el actor es quien y lo que dice ser. (*WEF Blockchain Toolkit - Digital Identity*, n.d.).

La identidad digital requiere de una suma de atributos de identidad para asegurar que quien se representa en el ecosistema digital sea la persona que manifiesta su voluntad para la realización de una transacción. Existen diferentes atributos que deben evaluarse al momento de identificar digitalmente una persona:

1. Atributos biométricos: como el rostro, huella, voz, entre otros.
2. Atributos de conocimiento del usuario: claves, correo electrónico.
3. Atributos de comportamiento: patrones de uso de los sistemas de información y plataformas, formas de cómo nos comportamos en un espacio o con una máquina, transacciones que se realizan, entre otros.
4. Atributos sociales o civiles: tales como identificación nacional, número de pasaporte, número de licencia de conducir, nombre y apellidos, fecha de nacimiento, domicilio o estado, entre otros (*WEF Blockchain Toolkit - Digital Identity*, n.d.)

² Cordero Valdavia, Magdalena (2019), Op.cit.

Propuestas para el uso de *blockchain* en el sector público colombiano

Desarrollar estrategias para impulsar el talento humano

A la hora de hablar de habilidades para la apropiación de tecnologías en las entidades gubernamentales, se pueden considerar muchos enfoques. Desde habilidades que requiere la sociedad en su conjunto de cara a la transformación digital, hasta los roles que deben cumplir los líderes de gobierno. Con base en la revisión, en este apartado se proponen tres grupos de habilidades que favorecen la apropiación de la tecnología *blockchain* por parte de los servidores públicos.

Con base en el marco para las habilidades digitales en el sector público, construido por la OCDE (Ubaldi, Wely, y Chauvet, 2021) y que cuenta con tres pilares, se encuentran las habilidades que se requieren en los diferentes actores para fomentar la transformación digital en el sector público. Dentro de este pilar se destacan dos categorías de habilidades que en conjunto van a facilitar a los servidores públicos adaptarse al uso de tecnologías emergentes, en este caso *blockchain*.

El primer grupo de habilidades se conforma por las requeridas por los usuarios de un Gobierno Digital (*Digital Government user skills*), dirigidas principalmente a los servidores públicos. Este grupo de habilidades, cuando van de la mano de los conocimientos técnicos sobre *blockchain*, facilitan la rápida adaptación al trabajo con nuevas tecnologías por parte de los equipos.

La OCDE sugiere las siguientes áreas básicas:

- **Reconocer el potencial de las tecnologías emergentes en el sector público.**

Para los servidores públicos, de la mano del conocimiento técnico en tecnologías emergentes, es fundamental adquirir la habilidad de reconocer la mejor forma de usar las tecnologías emergentes para resolver retos públicos. Esta habilidad se desarrolla de la mano de elementos como la creatividad, la 'insurgencia' (en el sentido de proponer formas diferentes de hacer las cosas) y la narración/*storytelling* (habilidades para la Innovación Pública). Consiste en la facilidad de reconocer nuevas formas de generar valor usando la tecnología *blockchain* como medio y no como fin.

¿Cómo reconocer esta habilidad en un servidor público? Con base en el documento de la OCDE (Ubaldi, Welby y Chauvet, 2021):

- Es capaz de identificar ejemplos de transformación digital en el sector público.
- Es capaz de evaluar el *statu quo* actual e identificar oportunidades de aplicación de tecnología *blockchain* para generar transformaciones.
- Puede identificar cómo emplear la tecnología *blockchain* con un enfoque estratégico amplio dentro de su entidad.
-

- Entender a los usuarios y sus necesidades:

Para la apropiación adecuada de la tecnología *blockchain* fuera de las entidades es clave entender los contextos y problemáticas de forma amplia, tomando puntos de vista que aporten valor tanto a los ciudadanos como a los servidores públicos. Saber reconocer las necesidades de los usuarios es una habilidad transversal a la aplicación de cualquier tecnología emergente.

Las formas en las que se manifiesta esta habilidad, de acuerdo con la OCDE (Ubaldi, Welby, & Chauvet, 2021), son:

- Identificación de usuarios afectados y necesidades que pueden satisfacerse con la aplicación de *blockchain*.
- Identificación de actores del sector público que se relacionan con su trabajo.
- Identificación de la relación que tiene la tecnología *blockchain* con los usuarios en su aplicación.
- Reducción de la brecha digital y trabajo en acciones para reducirla en la sociedad mediante tecnologías emergentes.

- Colaborar abiertamente para la iteración

El trabajo con tecnologías emergentes, en especial con *blockchain*, requiere trabajo fuera colaborativo y mancomunado para sacar adelante los proyectos. Así como es importante involucrar al usuario desde el inicio de los proyectos que implementen *blockchain*, también se recomienda construir redes de conocimiento o asociarse a alguna existente. De igual manera es de gran valor que de entrada los servidores públicos reconozcan los beneficios de trabajar con *software* de código abierto, que se conozcan las fuentes para obtener estándares, patrones y herramientas que faciliten el trabajo con *blockchain*. En los proyectos de aplicación de *blockchain* es necesario aprender a trabajar ágil e iterativamente para desarrollar soluciones de alto valor.

De acuerdo con la OCDE (Ubaldi, Welby y Chauvet, 2021), estas habilidades se reconocen así en los servidores públicos:

- Se identifican los beneficios de trabajar de forma abierta, utilizando *software* de código abierto.
- Puede implementar enfoques de trabajo colaborativo con los usuarios para desarrollar proyectos *blockchain*.
- Entiende el valor de los equipos multidisciplinarios y busca involucrar a todas las áreas para tener una perspectiva ampliada a la hora de aplicar *blockchain* en la entidad.
- Conoce y comparte los beneficios de desarrollar soluciones de forma iterativa: prueba rápido, experimenta, prototipa y aprende, para repetir el ciclo.
- Entiende de código abierto y los procesos basados en comunidad que lo sostienen.
- Conoce repositorios de recursos clave para el uso de *blockchain*

- Uso confiable de datos y tecnología *blockchain*:

Al hacer uso de las tecnologías emergentes, se tiene como requisito tener buenas prácticas de seguridad y privacidad. Sin embargo, es una habilidad que se debe fortalecer, ya que el uso confiable de la información va más allá de las prácticas cuidadosas y el manejo de políticas para proteger la información. Utilizar tecnología *blockchain* requiere que el servidor público actúe de forma ética y responsable, lo que implica conocer los requerimientos que tiene la implementación

de *blockchain* y los efectos que esta tecnología en los derechos de los usuarios y la protección de sus datos.

¿Cómo reconocer que se hace un uso confiable de los datos y la información? Según la OCDE (Ubaldi, Welby, & Chauvet, 2021), cuando:

- Se entienden las responsabilidades relacionadas con la seguridad de la información y manejo de datos, en la implementación de *blockchain*.
- Se conocen las políticas de seguridad requeridas al usar *blockchain*.
- Se entienden los requisitos legales para el manejo de información priorizando la privacidad de los usuarios.
- Se conocen y consideran las dimensiones éticas asociadas al uso de tecnología *blockchain*.
- Se reconocen e implementan buenas prácticas en el manejo de la información y el uso de tecnología *blockchain*.

- **Gobierno basado en datos:**

Implica entender y valorar los beneficios y oportunidades de manejar datos abiertos en el gobierno en términos de transparencia y como fuente de valor público. Es clave que los servidores públicos tengan una comprensión básica de los estándares relacionados con arquitectura de datos para aplicar tecnologías emergentes. Adicionalmente, se recomienda fortalecer el conocimiento en el ciclo de valor y la existencia de los estándares para manejar los datos, ya que esto puede aportar a construir una cultura de datos que mejore la calidad y disponibilidad de los datos en las entidades, lo que es beneficioso a la hora de aplicar *blockchain*. También se recomienda conocer la infraestructura nacional para los datos: reconocer las fuentes, los estándares y las plataformas.

Según la OCDE (Ubaldi, Welby y Chauvet, 2021), el servidor público debería:

- Conocer de los individuos y organizaciones responsables de generar y almacenar los datos relacionados con su área a nivel nacional.
- Conoce los acuerdos gubernamentales para acceder y compartir datos.
- Aprender sobre el uso confiable de los datos para responder a las responsabilidades legales y éticas en el manejo de los datos a la hora de aplicar *blockchain*.
- Reconocer oportunidades para la interoperabilidad en el diseño de servicios aplicando tecnología *blockchain*.

Habilidades socioemocionales:

El segundo grupo es denominado **habilidades socioemocionales** (Ubaldi, Welby y Chauvet, 2021), que son habilidades blandas que preparan a los servidores públicos para la adaptación a los cambios que implica la adopción de tecnologías emergentes a nivel estratégico. Se destacan habilidades como la agilidad, la capacidad de análisis y la diplomacia, entre otras. Adicionalmente, el BID, en su informe *Transformación Digital y Empleo Público: el futuro del trabajo del gobierno* (2019), se refiere a la adaptabilidad, curiosidad, flexibilidad y perseverancia como parte de este grupo de habilidades, las cuales pueden beneficiar a la hora de planear y desarrollar soluciones que implementen tecnología *blockchain*:

- **Visión:** capacidad de pensar a futuro, identificar tendencias y patrones, observar el panorama general e identificar oportunidades para la aplicación de *blockchain*.
- **Análisis:** analizar las oportunidades de aplicación de *blockchain* de forma racional, imparcial y con enfoque en solución de problemas.
- **Diplomacia:** capacidad de conectar con otros desde la empatía, capacidad de negociación. Reconocer los actores que pueden ser claves en el desarrollo de proyectos con tecnología *blockchain* y vincularlos en etapas tempranas.
- **Agilidad:** adaptabilidad, pensamiento rápido y espontaneidad.

Habilidades para la Innovación Pública:

Finalmente, se incluyen también algunas de las habilidades para la Innovación Pública enmarcadas en el documento elaborado por el Observatorio de Innovación en el Sector Público: *Core Skills for Public Sector Innovation* (OPSI - OECD, 2017), que preparan al servidor público para afrontar los retos que implica apropiar la tecnología *blockchain* e identificar las oportunidades para generar innovación a través de su uso.

- **Iteración:** es la capacidad de desarrollar proyectos de manera progresiva generando innovación incremental; requiere probar rápido, tomar riesgos sin sacrificar recursos, usar prototipos para probar hipótesis de funcionamiento y realizar comprobaciones.
- **Curiosidad y pensamiento creativo:** se trata de poner en función de la innovación estas dos habilidades innatas en el ser humano. Explorar nuevas aplicaciones de *blockchain*, adaptarse a las necesidades o posibilidades y estar en constante aprendizaje de los temas relacionados con tecnologías emergentes para llevar a cabo nuevas ideas a partir de los nuevos conocimientos.
- **Insurgencia:** consiste en proponer formas diferentes de hacer las cosas. Experimentar cosas que podrían fallar, trabajar en conjunto con nuevos aliados para sacar adelante los proyectos *blockchain*, desafiando la manera en la que tradicionalmente se han hecho las cosas. La *insurgencia* va muy de la mano de implementar tecnologías nuevas en el sector público porque se enfrenta a cambiar lo tradicional buscando generar valor.

Los tres grupos de habilidades presentados son una propuesta de aproximación para que los servidores públicos se enfrenten con mayor preparación a la implementación de tecnología *blockchain* en sus procesos, proyectos o nuevos servicios. No son las únicas capacidades involucradas en la apropiación de tecnologías y no son estáticas, con el tiempo se deben fortalecer porque cambian, por lo tanto, la base de las habilidades para aplicar *blockchain* es la adaptabilidad.

Condiciones habilitantes para apropiar la tecnología

De acuerdo con un informe emitido por la firma Stadista, se contempla que el gasto mundial en soluciones de cadena de bloques aumente de 4500 millones de dólares en 2020 a un estimado de 19000 millones de dólares para 2024, gracias a la visión que han dado los líderes empresariales para la destinación de presupuesto al denominado registro distribuido (Stadista, 2021). Si bien se identifica comúnmente que la cadena de bloques tiene importante participación

en criptoactivos, lo cierto es que en inversión el principal caso de uso de *blockchain* en 2021 se dio sobre pagos y liquidaciones transfronterizas, lo que demuestra el potencial de uso en aspectos ligados a rastrear, administrar y hacer seguimiento a información de operaciones o autenticidad de producto (IDC, 2021).

No se han presentado estudios sobre la inmersión de la tecnología *blockchain* en el Gobierno Digital, pero se contempla que sea un asunto de interés para facilitar el acceso a la información pública y fomentar las interacciones dentro del contexto de servicios gubernamentales basados en la apertura y la transparencia. De hecho, entre 2020 y 2022, el país presentó importantes avances reglamentarios en compras públicas para la innovación, lo que hace hincapié en la importancia de fortalecer el desarrollo del ecosistema GovTech en Colombia y mejorar la relación *Government-to-Citizen (G2C)*, *Government-to-Business (G2B)* y *Government-to-Government (G2G)*.

Al final, el diferenciador más importante en la implementación de *blockchain* en el sector público se encuentra en la interoperabilidad, ya que es ideal que los servicios ciudadanos implementados se integren a los procesos y sistemas existentes en la Administración pública. Así mismo, la gestión de los datos, el usuario y el sistema exige atención en el desarrollo de una plataforma de cadena de bloques que cumpla con los parámetros de seguridad y fiabilidad (Uhlig y Urbach, 2021).

Así las cosas, lo primero que requiere el ecosistema de innovación pública es tener un proceso de apropiación de la tecnología para comprender su alcance y usabilidad en el sector público. Por ello, se sugiere aplicar una metodología iterativa que permita identificar oportunidades de uso y la documentación del aprendizaje mediante ejercicio o pruebas piloto.

El desarrollo de pequeños proyectos con escalabilidad permite conocer el estado de apropiación de una entidad pública y determinar cuáles son los recursos tanto técnicos como financieros para dar viabilidad a la iniciativa. Igualmente, permite involucrar a diversos actores y generar un ambiente de transferencia de conocimiento con recomendaciones prácticas.

Así pues, países como Australia, India, Alemania, Italia, Chipre, Estados Unidos, y zonas como la Unión Europea, abrieron espacios a conversaciones de política pública en tecnología *blockchain*, pero solamente cuando el ecosistema estaba lo suficientemente desarrollado y el número de prototipos o productos mínimos viables fue lo suficientemente significativo.

India	
Denominación de la estrategia	Estrategia Nacional sobre <i>blockchain</i> . <i>National Strategy on Blockchain</i> .
Acceso	https://bit.ly/37ZHK6H
Aspectos fundamentales	El instrumento desarrolla el concepto de <i>blockchain</i> , su clasificación, oportunidades, retos, define una hoja de ruta en tecnología <i>blockchain</i> , presenta el escenario internacional y nacional, sugiere consultas públicas por industrias y presenta una estrategia que propende

	adoptar <i>blockchain</i> como servicio con aspectos regulatorios, desarrollo de la tecnología con incentivos e integración en servicios ciudadanos digitales.
Clase de instrumento	Documento de estrategia que proporciona la orientación y el apoyo necesarios para hacer realidad la visión y crear un ecosistema a nivel nacional para la creación de la Plataforma Nacional de <i>blockchain</i> y el desarrollo de aplicaciones pertinentes que utilicen esta plataforma en diversos ámbitos.

Australia	
Denominación de la estrategia	Hoja de ruta nacional de la cadena de bloques. <i>National blockchain roadmap.</i>
Acceso	https://bit.ly/3ukQFqK
Aspectos fundamentales	<p>El Gobierno australiano se propone un camino para apoyar la industria y aprovechar el potencial del sector para fomentar la innovación y la colaboración en torno a <i>blockchain</i>.</p> <p>La hoja de ruta define un entorno regulatorio propicio para la innovación y el crecimiento, con un enfoque en identidad, intimidad, seguridad y gobernanza de los datos y el involucramiento del componente institucional en aspectos delicados como la hacienda pública. Así mismo, presenta una estrategia para establecer un nuevo comité técnico de ISO para temas de estándares de <i>blockchain</i>, incluida la interoperabilidad, la terminología, la privacidad, la seguridad y la auditoría.</p> <p>En segundo lugar, aborda la importancia en la industria y el Gobierno para cubrir los requisitos de habilidades clave en esta tecnología. Propone mejoras en apropiación y fomento de la investigación, el desarrollo y la innovación.</p>

	<p>En tercer lugar, reviste importancia la inversión y colaboración internacional, ya que dicho país propende por liderar estándares internacionales, operaciones de bonos y dinero programable inteligente, al tiempo que realiza pruebas en los sectores de energía, agricultura y público.</p> <p>Finalmente, se hace énfasis en las oportunidades sectoriales, con las cuales la tecnología puede tener mayor impacto en cadenas de suministro agrícolas, credenciales de confianza y fomento de la competencia en el sector financiero.</p>
Clase de instrumento	Instrumento de política pública emitido por el Departamento de Industria, Ciencia, Energía y Recursos.

Alemania	
Denominación de la estrategia	<p>Estrategia <i>blockchain</i> del Gobierno Federal.</p> <p><i>Blockchain Strategy of the Federal Government.</i></p>
Acceso	https://bit.ly/3urbf8N
Aspectos fundamentales	<p>El Gobierno alemán busca convertirse en una base para el desarrollo de aplicaciones <i>blockchain</i> y ser un mercado atractivo para la inversión. En esa medida, el documento propone crear un marco normativo orientado a la inversión y el crecimiento, en el que los procesos de mercado funcionen sin intervenciones estatales y se salvaguarde el principio de sostenibilidad.</p> <p>La política alemana pretende asegurar la estabilidad y estimular las innovaciones: <i>blockchain</i> en el sector financiero, mediante la regulación de la oferta pública de ciertas <i>criptotokens</i>; iterar una conexión basada en <i>blockchain</i> de las</p>

	<p>instalaciones energéticas a una base de datos pública; crear condiciones de condiciones marco claras y fiables para la inversión; probar identidades digitales basadas en <i>blockchain</i> y evaluar otras aplicaciones adecuadas; y apropiar con divulgación de información.</p> <p>De acuerdo con la hoja de ruta, cada uno de los puntos será explorado con mecanismos de exploración de la tecnología que permitan identificar un claro valor añadido en comparación con las otras soluciones existentes. Al respecto, se identifica dentro de las actividades de línea de acción el desarrollo de proyectos por cada caso concreto y la creación de laboratorios de innovación o un centro de competencia para aplicaciones de <i>blockchain</i> en la Administración pública.</p>
<p>Clase de instrumento</p>	<p>El Gobierno alemán creó un instrumento que se acerca a la experiencia colombiana, en el sentido de que desarrolla proyectos para iterar con la tecnología y crea condiciones habilitantes para atraer la inversión y ofrecer seguridad jurídica sobre la viabilidad de proyectos en tecnología <i>blockchain</i>.</p>

Italia	
<p>Denominación de la estrategia</p>	<p>Propuestas para la estrategia italiana sobre tecnologías de libro mayor compartido y <i>blockchain</i>.</p> <p><i>Proposte per la Strategia italiana in materia di tecnologie basate su registri condivisi e blockchain.</i></p>
<p>Acceso</p>	<p>https://bit.ly/3DbbNE4</p>
<p>Aspectos fundamentales</p>	<p>El documento presenta un análisis general de la tecnología <i>blockchain</i> y estudia los indicadores de Italia con relación a la industria. Así mismo, dedica una sección a reseñar la importancia de la colaboración internacional en Europa y los incentivos para generar inversiones públicas</p>

	<p>destinadas a fomentar el uso y desarrollo de tecnologías <i>blockchain</i>.</p> <p>Luego, realiza algunas recomendaciones sobre la necesidad de adecuar la infraestructura, crear jornada de sensibilización, aplicación de la legislación contra el blanqueo de capitales en criptoactivos con una línea de acción unitaria para una cultura y sensibilización en los temas de DLT y <i>blockchain</i>.</p> <p>Igualmente, se proponen actividades de investigación como en las de divulgación y formación en asociaciones público-privadas, coordinación nacional.</p> <p>La estrategia contempla recomendaciones generales para la aplicación de los registros distribuidos en un formato de gobernanza con modelos descentralizados, con los cuales se cuente con gestión adecuada del ciclo de vida de los datos, seguridad jurídica y regulación efectiva y el contexto específico de aplicación.</p>
Clase de instrumento	Es un documento para comentarios que propone una política pública integral que crea una Red Nacional de <i>blockchain</i> , que considera estándares, protocolos y modelos de gobernanza.

Cyprus	
Denominación de la estrategia	Estrategia Nacional de Cyprus. <i>National strategy for Cyprus.</i>
Acceso	https://bit.ly/3NjaiMr
Aspectos fundamentales	El documento analiza los retos de la tecnología <i>blockchain</i> en el mercado y propone líneas de priorización con acciones. La primera línea busca preparar un marco legislativo propicio; la segunda, potenciar la aplicación de la tecnología por parte del gobierno y el sector privado; y la tercera, promover la DLT en el sector financiero.

Clase de instrumento	Una estrategia general que demarca una hoja de ruta a nivel general.
-----------------------------	--

Estados Unidos	
Denominación de la estrategia	Orden ejecutiva sobre la garantía del desarrollo responsable de los activos digitales. <i>Executive Order on Ensuring Responsible Development of Digital Assets.</i>
Acceso	https://bit.ly/3tAmIUo
Aspectos fundamentales	<p>El presidente de los Estados Unidos emite una orden ejecutiva para proteger a consumidores, inversionistas y empresas que emplean activos digitales basados en tecnología <i>blockchain</i> y define un proceso interinstitucional para esfuerzos de investigación y desarrollo en las posibles evaluar opciones de diseño e implementación de una moneda digital soberana basada en tecnología distribuida.</p> <p>También dispone de acciones para convocar la elaboración de un informe sobre recomendaciones de políticas, incluidas posibles acciones regulatorias y legislativas, según corresponda, para proteger a los consumidores, inversores y empresas de los Estados Unidos, y apoyar la expansión del acceso a servicios financieros seguros y asequibles.</p> <p>Los órganos de ciencia y tecnología del país adquieren la obligación de presentar una evaluación técnica de la infraestructura tecnológica, la capacidad y la experiencia que serían necesarias en las agencias relevantes para facilitar y apoyar la introducción de un sistema <i>blockchain</i> para las finanzas estatales. Igualmente, deben emitir otro informe sobre un análisis de los impactos que estas tecnologías tienen en el medio ambiente.</p>

Clase de instrumento

Orden ejecutiva que ordena evaluar el uso de tecnología *blockchain* en cuestiones financieras y climáticas.

Identificar oportunidades de uso y estrategias de uso

El primer paso para desarrollar proyectos de *blockchain* es definir la estrategia en la que se definan los objetivos que se requieren lograr a través del uso de esta tecnología aplicada a los procesos, trámites, servicios o procedimientos de la entidad.

Es relevante que la estrategia de uso de *blockchain* esté completamente alineada con el Marco de Transformación Digital y las iniciativas, procesos y áreas de la organización priorizadas, así mismo, que estén articuladas con el Plan Estratégico de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (PETI) (Colombia, 2020).

Ahora bien, parte de entender la tecnología es identificar si la cadena de bloques es conveniente para emprender un proyecto o si conviene explorar otro tipo de tecnología. Para ello el Foro Económico Mundial propone un árbol de decisiones que permite realizar un análisis inicial rápido conforme al reto público identificado, el cual se ilustra a continuación (World Economic Forum, 2018):

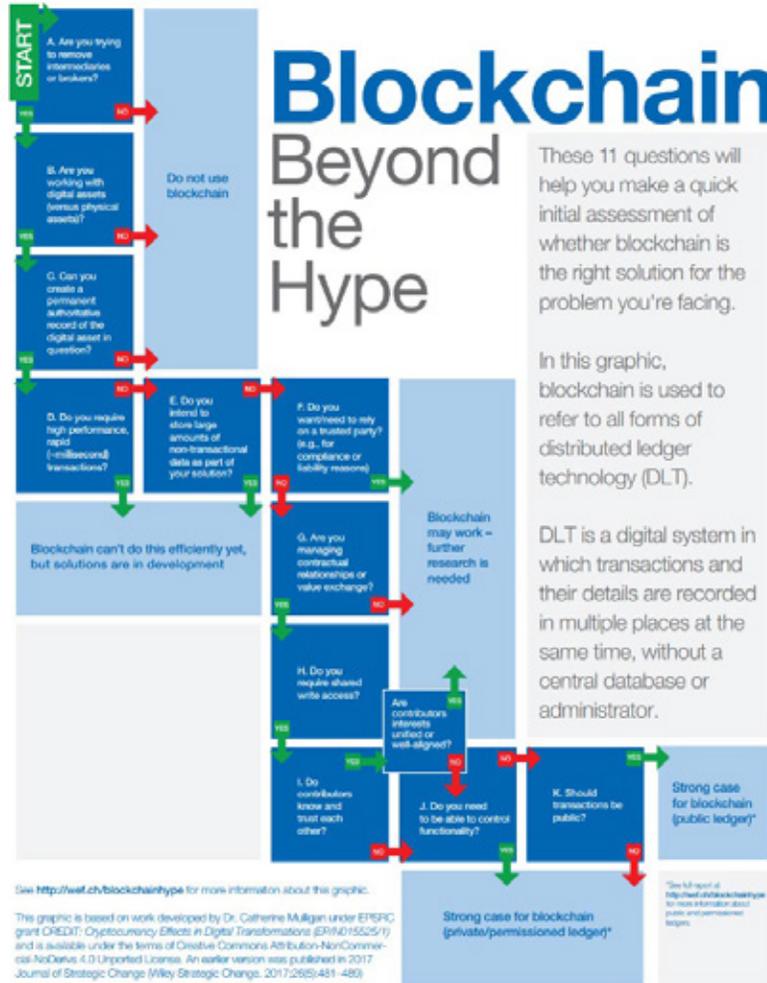


Figura 6 (Mulligan et al., 2018)

La matriz propone que, dado que la tecnología *blockchain* puede estar sobrevalorada para el desarrollo de algunos procesos, se realice una lista de verificación con énfasis en el servicio público, mas no en una solución concreta con alcance limitado. De ahí que el enfoque sugerido se dé sobre la reducción de intermediarios, la *tokenización* de activos, la creación de registros permanentes y el rápido procesamiento de la información.

De acuerdo con lo anterior, la aplicación de la tecnología *blockchain* en el Estado atiende a la denominada tercera generación de cadena de bloques, en la cual se acude a esta tecnología para la prestación de servicios de forma descentralizada. Por tanto, conviene diseñar un esquema de gobernanza y ajustar la aplicación a la personalización de los servicios de gobierno, en aprovechamiento de las características de trazabilidad y participación entre pares dentro de la red (Caballero Martínez, 2019b; Swan, 2015).

Sin embargo, la implementación de *blockchain* debe implicar una propuesta de valor y servicios, de acuerdo con las necesidades de la entidad y el diseño centrado en el usuario. En este caso, hay que considerar el componente de incidencia política y de participación ciudadana, en tanto

que una cadena de bloques puede democratizar la participación o aumentar los riesgos frente a la exposición de la información en un determinado proceso (Swan, 2015).

Los proyectos de cadena de bloques en el Estado tienen una suerte de convergencia en temáticas propias, en las que se resaltan las identidades seguras, los contratos inteligentes y la gestión de activos, que son elementos que exigen la existencia de un intermediario para certificar que la información que suministra una persona es confiable y coincide con los registros de gobierno.

Identifique los casos de uso de las tecnologías emergentes

Identifique y priorice los procesos, procedimientos, servicios o trámites en los cuales es factible el uso de *blockchain*. Para el efecto, en primer lugar, se sugiere diseñar el servicio digital de acuerdo con la *Guía de diseño de servicios digitales* que podrá encontrarla en el *Kit de Transformación Digital para el Estado* ubicado en gobiernodigital.mintic.gov.co.

Verifique la viabilidad

La viabilidad de un proyecto de *blockchain* depende de varios factores, entre otros, de los componentes jurídicos, técnicos y de aplicación de principios para *blockchain*.

La Ley 1955 del 2019, Plan Nacional de Desarrollo, define los lineamientos generales habilitadores para el uso de las tecnologías emergentes en proyectos de transformación digital y cuarta revolución industrial, para el efecto, se encuentra priorizada el uso de tecnologías emergentes de la cuarta revolución industrial que faciliten la prestación de servicios del Estado a través de nuevos modelos incluyendo, pero no limitado a, tecnologías de desintermediación, DLT (Distributed Ledger Technology / *Blockchain*), análisis masivo de datos (*big data*), inteligencia artificial (AI), internet de las cosas (IoT), robótica y similares.

Además, es relevante verificar las necesidades de interoperabilidad, la existencia del consentimiento de los usuarios para tratar sus datos personales a través de aplicaciones *blockchain* y, finalmente, establecer el debido tratamiento de los datos conforme los términos y condiciones específicos del proyecto.

Establezca los requisitos previos

Los requisitos previos para la implementación de aplicaciones de *blockchain* parten de la definición del proyecto, la identificación de requisitos previos y necesarios antes de la contratación de una solución tecnológica particular. Para el efecto, se sugiere revisar el esquema para contratar proyectos de desarrollo de sistemas de información del Ministerio TIC, el cual contempla diversos mecanismos para evaluar el proyecto a desarrollar y que se encuentra en el siguiente enlace: <https://www.mintic.gov.co/gestion-ti/Gestion-IT4+/Sistemas-de-Informacion/>

Establezca el marco de gobierno

Definido el marco de gobierno del proyecto de *blockchain*, en especial, es importante definir quiénes son los responsables de tomar decisiones de diseño. Para el efecto involucre a los responsables de las siguientes actividades:

1. Seguridad digital
2. Seguridad de la información

3. Cumplimiento de protección de datos personales
4. Gestión documental
5. Tecnologías de la información y las comunicaciones
6. Responsable del proceso, procedimiento, trámite o servicio

Defina la estrategia de apropiación

Uno de los puntos ciegos de los proyectos de la transformación digital con tecnologías emergentes, como *blockchain*, es la falta de apropiación y cultura del cambio en las personas encargadas de la gestión de las plataformas tecnológicas y en los beneficiarios de esta.

El Ministerio TIC cuenta una guía completa que describe cómo desarrollar un proyecto de transformación digital y cómo se debe apropiarse de forma que los responsables e involucrados encuentren la utilidad y el beneficio de la innovación en su gestión.

Todo proyecto en el que se haga uso de TIC debe contar con una estrategia específica de conocimiento, uso y apropiación, de manera que la entidad desarrolle acciones concretas para generar capacidades digitales en ciudadanos, usuarios internos y externos y grupos de interés relacionados con el proyecto. De igual manera, se debe hacer seguimiento, medición al nivel de acceso, uso de plataformas y herramientas tecnológicas, con el fin de determinar su nivel de uso, impacto y aprovechamiento por parte de los usuarios.

Utilizar los siguientes instrumentos, contenidos en el Manual de Gobierno Digital, le permitirán construir la estrategia de conocimiento, uso y apropiación, así como aprovechar al máximo los medios sociales para comunicarse con los usuarios

En el diagrama a continuación se dan unas líneas guía a considerar como parte del proyecto de transformación:

Figura 7 – Lineamientos a cumplir en los proyectos de Gobierno Digital en entidades públicas



Fuente: Manual de Gobierno Digital, MinTIC Colombia

Finalmente, es necesario comprender que todo proceso nuevo que genera cambios, requiriendo que el paso a paso en el desarrollo e implementación sea muy claro para que conformar el equipo adecuado, y que éste comprenda adecuadamente las razones y propósitos de la transformación. Así mismo, es necesario planificar adecuadamente la gestión del cambio, para que los cambios se asimilen en la oportunidad debida y no sean intempestivos.

Interoperabilidad

Uno de los aspectos más mencionados a lo largo de esta guía ha sido la interoperabilidad. Sin lugar a duda constituye un aspecto fundamental para el desarrollo de infraestructuras blockchain intragubernamentales, interinstitucionales e incluso internacionales.

La tecnología blockchain, por su propia naturaleza, se basa en interacciones entre pares en torno a Registros Distribuidos que son compartidos. Esto hace que la transformación de un enfoque aislado y fragmentado a la integración de la cadena de valor de un extremo a otro sea más alcanzable, pero también significa que la importancia de la interoperabilidad es imperativa.

En los términos más simples, la interoperabilidad exitosa permite al usuario confiar en “sé que lo que veo, es lo que tú ves”. Este módulo del Kit de Herramientas proporciona herramientas para analizar el desafío de hacer que las soluciones blockchain funcionen a la perfección en ese sentido y para elegir el enfoque de interoperabilidad correcto.

Más información, por favor visitar:

<http://widgets.weforum.org/Blockchain-toolkit/interoperability>

Estructura: Pública / Privada

Una de las consideraciones que debe gestionarse es qué modelos de permisos se requieren para el proyecto. Un blockchain pública, como la de Bitcoin, permite a cualquier persona en Internet leer o escribir en el Registro Compartido, mientras que una cadena de bloques administrada por un consorcio o alianza, por ejemplo, podría restringir el acceso a organizaciones asociadas.

En última instancia, la decisión de "público versus privado" afectará la funcionalidad, la seguridad, la compatibilidad con los sistemas de otros socios y, quizás lo más importante, el posicionamiento competitivo de las organizaciones en sus proyectos de cadena de suministro. Sin duda, no hay una única respuesta "correcta". Es vital comprender primero los beneficios y los inconvenientes únicos de cada tipo de cadena y luego elegir la que mejor se adapte a los requisitos de su proyecto en particular.

Más información, por favor visitar:

<http://widgets.weforum.org/Blockchain-toolkit/structure-public-private>

Casos de aplicación en Colombia

Para impulsar proyectos de *blockchain* en el marco de un gobierno abierto se requiere el desarrollo de las capacidades y generar recursos para implementar este tipo de proyectos. A continuación, se enumeran algunas ofertas disponibles en el país para la formación de capacidades en el desarrollo de proyectos de *blockchain*:

Red UxTIC.co

A través de la Red UxTIC.co, las universidades se han unido para formar un grupo de trabajo *blockchain*, con el propósito de incrementar los niveles de adopción y transferencia de conocimientos desde la academia. Dentro de las actividades desarrolladas por este grupo, fue la realización de un tour universitario, en el que participaron 12 universidades, para hacer el levantamiento de los proyectos en la academia o en colaboración con el sector privado o público; dentro de los resultados se encontraron más de 20 proyectos realizados por investigadores y alumnos, varios de ellos en alianza con otras universidades o empresas en Colombia o el exterior.

Además, en la red se encuentran comunidades como Token Partner (UxTIC / Token Partner - Cámara de Comercio Blockchain (Bogotá, Colombia) | Meetup, n.d.), quienes han realizado un levantamiento de las empresas que están trabajando en el sector. Lo que observa Token Partner

es que las empresas luchan por reclutar talento, y que se requiere fomentar la formación profesional para responder a las necesidades del sector a nivel nacional e internacional.

Para más información sobre el Tour, referirse al enlace:
<https://uxtic.co/spip/?-Tour-Universitario-Blockchain-2019->

Universidad Jorge Tadeo Lozano

Las facultades de ingeniería, derecho y de ciencias económicas han creado cursos o módulos dedicados a *blockchain*, contratos inteligentes y criptoactivos entre otros. La primera universidad en dictar una asignatura *blockchain* en la carrera de Ingeniería de sistemas fue la Universidad Jorge Tadeo Lozano, quien ofrece esta temática desde segundo semestre del 2018. Desde esta asignatura, se han realizado clases abiertas al público en general interesado en el tema, con el objeto de involucrar a los ponentes que hacen parte de las diferentes comunidades *blockchain*.

La clase abierta que ofrece la universidad, en ciclo permanente, se encuentra en este enlace:

<https://www.utadeo.edu.co/es/evento/academicos/clase-abierta-introduccion-la-Blockchain/home/1>

SENA Innova

SENA Innova - Productividad para las empresas es una convocatoria que en el año 2020 apoya el desarrollo de aplicaciones para empresas. En la convocatoria se tiene la posibilidad de presentar dos tipos de proyectos: para renovar la oferta de las empresas a través del desarrollo de nuevos productos o servicios o la sofisticación de los existentes; y para mejorar procesos administrativos, de producción o comercialización, con el fin de llevar al cliente el producto o servicio a tiempo, sin sobrecostos y con mejor calidad.

Con los recursos de la convocatoria se pueden cofinanciar materiales, personal técnico, servicios tecnológicos y arrendamiento de equipos, entre otros gastos.

Más información:

<https://www.sena.edu.co/es-co/Empresarios/Paginas/SENA%20INNOVA%202020/Nuestro-Proceso.aspx>

Fundación Universitaria del Área Andina

Esta institución universitaria, ofrece un diplomado denominado *blockchain*, fundamentos de una tecnología disruptiva. El objetivo es conocer el funcionamiento, el marco legal y la tecnología en el que se encuentra inmerso esta tecnología, así como también su aplicación y uso estratégico.

El enlace a este diplomado se encuentra aquí: areandina.edu.co/es/content/curso-en-Blockchain-fundamentos-de-una-tecnologia-disruptiva

Bogotá Aprende TIC

La Alcaldía de Bogotá ha lanzado un programa comprehensivo de formación de capacidades TIC 4.0. Este contenido virtual ofrecerá de forma fácil el significado de *blockchain*, sus ventajas y desventajas, las áreas en las que ejerce con mayor fuerza, la entrada en el mercado financiero,

el uso del Bitcoin y los impactos en los procesos de transformación en las empresas del ámbito digital(*Contenidos Virtuales Bogotá Aprende TIC*, n.d.).

Cámara de Comercio de Bogotá

Ofrece un seminario virtual facilita una aproximación guiada a estas nuevas tecnologías de la Cuarta Revolución Industrial C4RI, sus implicaciones, y recomendaciones para su comprensión y uso.

Universidad Nacional de Colombia

Esta universidad ha desarrollado varios cursos que se enuncian a continuación:

Tecnología *blockchain* y aspectos económicos

El curso busca generar en los participantes entendimiento y conocimientos sólidos sobre cómo funciona *blockchain*, bitcoin, ethereum. Desde sus fundamentos económicos hasta sus bases tecnológicas(*Sede Bogotá | Universidad Nacional de Colombia: Curso: Tecnología Blockchain y Aspectos Económicos*, n.d.).

Blockchain – Creación de contratos inteligentes

Por medio de conferencias magistrales con participación itinerante, talleres y actividades prácticas se da una introducción al desarrollo de aplicaciones sobre *blockchain* evidenciando el potencial de esta tecnología y presentando posibles aplicaciones en diferentes sectores de la economía(*Ingeniería UNAL - Educación Continua*, n.d.).

Universidad Javeriana

La Universidad Javeriana tiene este curso virtual que se enuncia a continuación:

Fundamentos de la tecnología *blockchain*

En este curso se explica con detalle qué es el *bitcoin* y en qué consiste la tecnología *blockchain*, así como sus principales aplicaciones y los retos para lograr su adopción. La importancia de este curso está en los contenidos que desarrolla, ya que además de poner en contexto las circunstancias bajo las cuales surge la tecnología *blockchain* y la manera cómo funciona, abre el panorama a las aplicaciones y posibilidades de esta tecnología en usos reales, tanto actuales como futuros(*Fundamentos de La Tecnología Blockchain - Educación Continua - Portal Universitario*, n.d.).

Universidad Eafit

La facultad de Economía y Finanzas adelanta el curso de Introducción al blockchain e impacto en el mercado financiero.

Universidad de los Andes

Desde la Facultad de Economía, propone el siguiente curso:

Blockchain: más allá de Bitcoin

El desarrollo tecnológico de los métodos de encriptación de datos a través de sistemas no centralizados, conocido como *blockchain*, ha permitido que el problema de la confianza sea resuelto por fuera de las instituciones tradicionales.

Blockchain eX Innovation Center

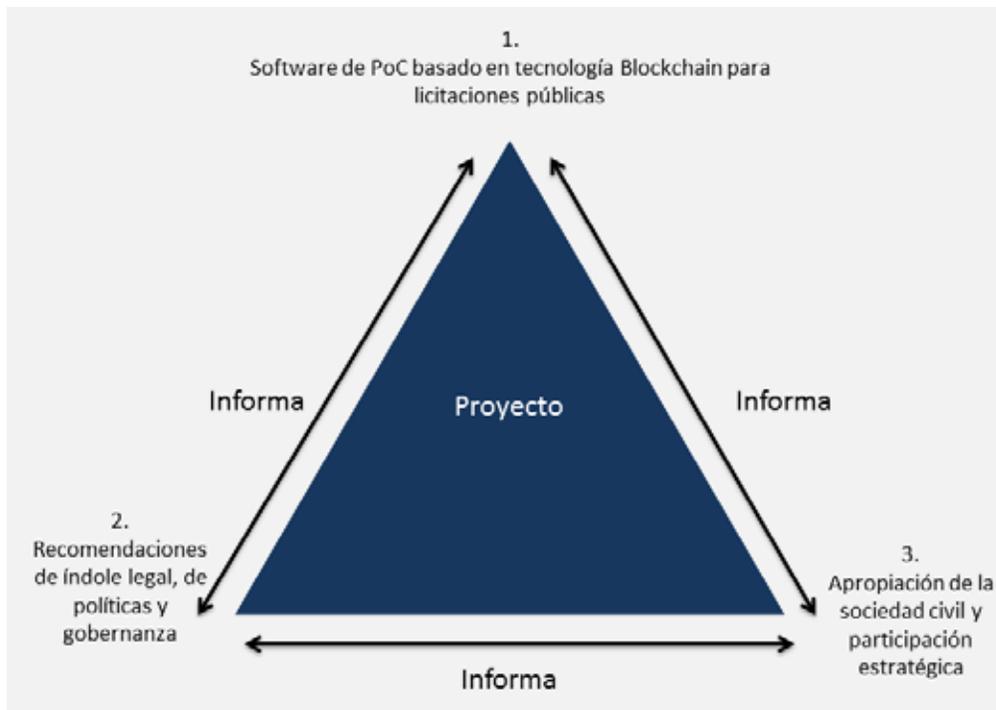
Su misión es acelerar y facilitar la adopción de tecnologías, articulando y creando iniciativas junto al sector público, privado, la academia y la sociedad en general a través de sus pilares de Innovación y transformación empresarial, transformación exponencial y el llamado Journey 4.0 que se basa en los principios de mentalidad digital, entendimiento estratégico de la cuarta revolución industrial - 4RI y cómo tomar acciones para materializar las iniciativas.

Lucha anticorrupción utilizando Blockchain

En Colombia se ha realizado un proyecto piloto que reunió a varios actores de nivel internacional y global y es caso de éxito en el marco del Foro Económico Mundial - FEM, en donde la tecnología *blockchain* se propone como solución efectiva contra corrupción (Wolf et al., 2020) en los procesos de licitación en un trabajo conjunto con la Procuraduría General de la Nación.

En asociación con el Banco Interamericano de Desarrollo (BID) y la Procuraduría General de Colombia, el Foro Económico Mundial ha liderado un equipo de múltiples partes interesadas para investigar, diseñar y probar el uso de la tecnología blockchain para procesos gubernamentales susceptibles de corrupción, estableciéndose en el caso de uso de la contratación pública. En la figura adjunta se plantea el enfoque del proyecto, con 3 componentes fundamentales:

- Software de PoC (Prueba de Concepto) basado en tecnología blockchain para licitaciones públicas
- Recomendaciones de índole legal, de políticas y gobernanza
- Apropiación de la sociedad civil y participación estratégica



Fuente: Foro Económico Mundial – WEF_Blockchain Transparency Report

Figura 8 – Enfoque del proyecto (Wolf et al., 2020)

El software PoC fue desarrollado durante la segunda mitad de 2019 por un equipo de ingenieros de *blockchain* dentro del Grupo de Investigación InTIColombia de la Universidad Nacional de Colombia. Se desarrolló para reflejar especificaciones y directrices técnicas, políticas y de participación cívica que fueron cuidadosamente diseñadas conjuntamente por la diversa comunidad de expertos globales de múltiples partes interesadas del proyecto. Al mismo tiempo, el desarrollo técnico del PoC en sí mismo provocó varias preguntas con respecto a las políticas y la participación de la comunidad. Por lo tanto, si bien cada uno de los tres elementos del enfoque del proyecto es un aspecto distinto, los tres se informaron críticamente entre sí (Wolf et al., 2020).

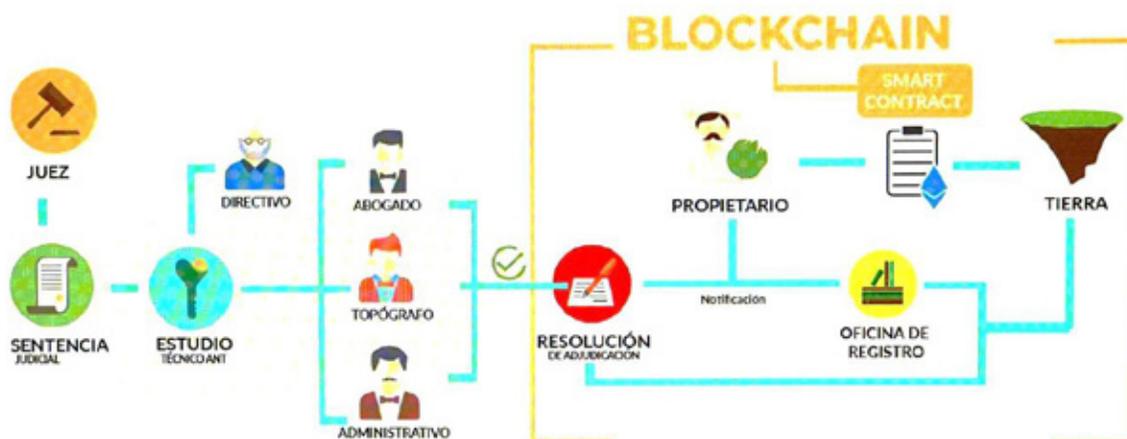
El Proyecto transparencia tiene sus raíces en el desarrollo de una prueba de concepto (PoC) de software para la adquisición del programa de comidas en las escuelas públicas PAE de Colombia. La información de antecedentes sobre el PAE se proporciona en el Informe de investigación complementario. Al estar arraigado en un PoC de software, el proyecto adopta un enfoque de abajo hacia arriba para investigar y descubrir las compensaciones, las posibilidades y las limitaciones de tecnología y gobernanza involucradas con un sistema de contratación pública basado en blockchain cuyos objetivos principales son aumentar la transparencia y la responsabilidad y, por lo tanto, para reducir los casos de corrupción

Blockchain Tierras

Este proyecto se realizó entre abril y agosto de 2018, liderado por la Universidad Nacional de Colombia con el apoyo de Colciencias, el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones, y la Agencia Nacional de Tierras (ANT).

El proyecto desarrolló un prototipo que permite el almacenamiento encriptado de documentación y soportes del proceso de adjudicación de predios de restitución, mitigando riesgos de manipulación, ajustes no consensuados u omisión de las resoluciones luego de su emisión por parte de la Agencia, convirtiéndose en la primera entidad del Estado en usar la tecnología blockchain en política pública.

El siguiente diagrama presenta la gobernanza detrás del proceso, muestra el flujo del procedimiento seleccionado y dónde el prototipo tiene impacto. Este inicia en la generación de la Resolución de Adjudicación por parte de la ANT y termina en la notificación de los beneficiarios y la consulta por parte de la Oficina de Registro de Instrumentos Públicos (ORIP):



Fuente: elaborado por el proyecto, 2018.

Figura 9 – Flujo del proceso y Gobernanza asociada

En el enlace adjunto, se encuentra el MockUp de la aplicación (simulador):

<https://www.agenciadetierras.gov.co/wp-content/uploads/2018/09/Mockup-Block-Chain-Tierras.pdf>

En sus conclusiones, se precisa que, en lo relacionado con la identidad digital, el prototipo estableció unas primeras pruebas que permiten conectar el reconocimiento facial, a través de un ID almacenado en blockchain, con los roles y permisos de abogados, administradores y propietarios para registrar o acceder a la información de cada resolución de adjudicación. Es efectivamente una capa de seguridad adicional que permite que funcionarios y ciudadanos se identifiquen de manera confiable, trazable y segura en relación con el procedimiento objeto del prototipo. Esto significa que, con roles muy bien definidos, para cada ámbito de aplicación de un proceso dado (lo cual se programa en el Smart contract) la fricción se reduce y la eficiencia de la interacción crece exponencialmente, reduciendo costos y ampliando así los recursos disponibles para tener una mejor cobertura de los servicios.

El informe ejecutivo completo se puede encontrar en el link adjunto:

<https://www.agenciadetierras.gov.co/wp-content/uploads/2018/09/Informe-Ejecutivo-Block-Chain-Tierras.pdf>

RITA

Las posibles aplicaciones de esta nueva tecnología son amplias y diversas. A continuación, se encuentran una serie de proyectos desarrollados sobre la infraestructura de RITA, la Red de Investigaciones de Tecnología Avanzada de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Uno de los proyectos fue patrocinado por MinTIC.

Proyectos blockchain soportados por RITA

- Integridad de Diplomas con blockchain: Proyecto desarrollado con el apoyo del PNUD y MinTIC que permitió establecer los posibles usos de blockchain como medio para mejorar la seguridad en los actos administrativos ante el estado, incrementando los factores de seguridad en cuanto a integridad de documentos, autenticidad de personas y trazabilidad de operaciones.
- Sistema de seguimiento al programa de alimentación escolar asegurado con blockchain: Prototipo ganador en hackaton para establecer mecanismos de control, seguimiento y transparencia entorno al PAE mediante el uso de datos abiertos y blockchain.
- Sistema Notarial sobre blockchain: Diseño de prototipo de sistema Notarial Colombiano sobre blockchain para agilizar trámites Notariales a través de internet manteniendo altos estándares de seguridad y transparencia mediante el uso de esta tecnología.
- IoT con blockchain: Apoyo a la generación de artículos de investigación sobre la interacción de blockchain con las ciudades inteligentes y los dispositivos IoT, basados en desarrollos sobre la infraestructura de RITA en la Universidad Distrital.
- Laboratorio Blockchain: Creación de una red de nodos blockchain para investigación accesible desde las distintas sedes de la Universidad Distrital.
- Apoyo a estudiantes de pregrado, maestría y doctorado: Orientación, asesoría y capacitación en tecnologías blockchain a la comunidad académica de la Universidad Distrital, fortaleciendo el desarrollo de proyectos de grado en los distintos niveles de formación.

Banco de la República

La compañía especializada en tecnología de Registros Distribuidos (DLT), R3 realizo(Colombia Fintech, 2019) una alianza con el Banco de la República Colombia, para el desarrollo de la plataforma Blockchain Corda, enfocados en su uso para el intercambio de valores.

La compañía establece la necesidad de esta alianza con el ente público, confirmando el potencial de la tecnología blockchain para servicios financieros en Latinoamérica, el cual se basa en Un modelo colaborativo de trabajo público-privado es crucial para acelerar la implementación de plataformas empresariales de DLT, como lo es Corda.

XM del Grupo ISA

EcoRegistry

EcoRegistry es una iniciativa privada autofinanciada y una plataforma de registro para proyectos de reducción de emisiones. Los usuarios de la plataforma registran el proyecto y pasan por los procesos de validación, verificación y certificación. Esto permite la emisión de créditos que se pueden transferir y retirar como compensaciones de carbono. Los usuarios finales pueden retirar estos créditos por compensación voluntaria de emisiones de GEI, impuesto al carbono o cualquier

otra razón. EcoRegistry se basa en una tecnología de libro mayor distribuido (DLT) que permite la transparencia para la contabilidad de las compensaciones de carbono y soporta la seguridad y trazabilidad en la gestión de la información asociada a los proyectos de reducción de emisiones de CO2.

Se buscaba que la plataforma agregara transparencia, seguridad, trazabilidad y una implementación sólida de reglas para proporcionar la responsabilidad y la eficiencia transaccional requerida por los reguladores, inversores y participantes del mercado de créditos de carbono.

La forma en que EcoRegistry implementa DLT es a través de una red permissionada o privada que se ha implementado bajo el ecosistema Blockchain-Multichain de Microsoft Azure. El sistema tiene diferentes usos para esta tecnología. Primero, de la documentación que respalda cada paso de validación, verificación y certificación se obtiene el hash y se guarda como prueba de que la documentación no se modifica durante el ciclo de vida del registro. En segundo lugar, el hash se complementa con una firma digital basada en Blockchain del validador, verificador y certificador de acuerdo con cada paso. Cuando finaliza el proceso de certificación, se genera un número independiente de tokens, según la reducción de emisiones. Los tokens llegan a la billetera del propietario del proyecto, donde se pueden transferir a otra persona. Finalmente, durante el proceso de retiro, los tokens se envían a una dirección (Burn Address) donde no se pueden volver a retirar. Se desconoce la clave privada de esta dirección, pero el saldo se puede solicitar en cualquier momento para un proceso contable detallado. Todo el proceso logra la redundancia y validación de la información asociada a los proyectos.

EcoGox

EcoGox es un sistema de certificación, registro, monitoreo, rastreo, transferencia y redención de certificados de energía renovable, el cual puede describir el tipo de fuente de energía consumida por un cliente final. El reconocimiento de los atributos de generación para la emisión de certificados de energía renovable representa una oportunidad para que el cliente final pueda escoger conscientemente del tipo de fuente de la cual desea consumir su energía eléctrica.

A través de los siguientes puntos, los participantes de EcoGox reconocen los principios rectores que aportan claridad y confiabilidad en el ecosistema:

- Precisión
- Unicidad
- Inmutabilidad
- Trazabilidad
- Transparencia
- Implementación Tecnológica

Se buscaba una plataforma que permitiera la trazabilidad de cada atributo de generación por fuentes de energía renovable, garantizando la transparencia y confiabilidad en el sistema, cumpliendo así las exigencias del mercado de certificados de energía renovable.

EcoGox implementa tecnologías DLT mediante una red privada o permissionada con un comportamiento similar a la solución Blockchain que se encuentra en EcoRegistry. Se utiliza una red basada en Multichain, soportada por Microsoft Azure. Inicialmente toda empresa registrada en la plataforma recibe una billetera que le permitirá realizar transacciones con los Certificados de Energía Renovable (REC). Estas empresas cuentan con diferentes roles de usuario que permiten realizar diferentes procedimientos como transferir, generar o redimir. Un generador puede ingresar un nuevo proyecto anexando la información y documentación necesaria que luego pasará a verificación para asignar una identidad en la red Blockchain al proyecto, una vez hecho esto se puede ingresar la generación de dicho proyecto mes a mes, este proceso es verificado y

posteriormente se crean tokens equivalentes a la cantidad de energía generada en ese mes en KWH. Estos nuevos tokens o seriales pueden ser transferidos a otros usuarios de la plataforma o se pueden redimir a clientes finales que desean certificar el origen de su consumo de energía eléctrica. Una vez que se redime una cantidad de CERs, estos se envían a una dirección (Burn Address) de la cual no se pueden recuperar, pero se puede acceder a su saldo para contabilidad y auditoría.

CumblApp (Prototipo)

CumblApp es una plataforma cashless basada en la Blockchain de Ethereum, que busca implementar el pago de ayudas y programas gubernamentales de manera confiable, segura y transparente. Esta plataforma de compras y pagos mediante tokens con características propias permitirá que las empresas o entidades gubernamentales puedan optimizar y controlar las compras que se hacen mediante recursos asignados por programas de ayuda económica como auxilios de alimentación, vivienda, medicamentos, entre otros para el caso del gobierno o sistemas de tokenización propios en el caso de empresas o entidades privadas. CumblApp se ayuda de la inteligencia artificial y la analítica para mejorar la asignación de los recursos, recomendaciones de compras en la aplicación, entre otros.

La App permite que los recursos o ayudas del gobierno entregados a los ciudadanos son asignados de manera transparente y segura, además de mantener una trazabilidad sobre el uso de estas, para evitar que sean utilizados de manera incorrecta o mal intencionada.

CumblApp utiliza la Blockchain de Ethereum para implementar contratos inteligentes que garanticen las propiedades de cada token que se emite en la plataforma. Cada usuario registrado en CumblApp recibe una billetera donde almacena sus tokens, los cuales son divididos en categorías de comercios (transporte, alimentación, medicamentos, vivienda, entre otros). Cada categoría tiene asociada una lista blanca de usuarios y establecimientos habilitados para usar los tokens, estas listas blancas son respaldadas por Smart Contracts en Ethereum que garantizan que solo se puedan usar los tokens en cierto grupo de productos y territorios para los cuales fueron diseñados en su emisión. Para la emisión de los tokens se utiliza el estándar ERC1155 de Ethereum, este estándar permite emitir tokens fungibles y no fungibles, además de optimizar el costo de las transacciones y habilitar la emisión de múltiples tokens en el mismo Smart Contract.

Bibliografía

- Akgiray, V. (2019). *The Potential for Blockchain Technology in Corporate Governance*. https://www.oecd-ilibrary.org/governance/the-potential-for-blockchain-technology-in-corporate-governance_ef4eba4c-en
- Allen, D. W. E., & Berg, C. (2020). Blockchain Governance: What We Can Learn From the Economics of Corporate Governance. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3519564>
- Allessie, David; Sobolewski, Maciej; Vaccari, L. (2019). *Blockchain for digital government*.
- Arjun, K. P., Sreenarayanan, N. M., Kumar, K. S., & Viswanathan, R. (2020). Distributed Computing and/or Distributed Database Systems. In *Blockchain Technology and Applications* (pp. 1–20). Auerbach Publications. <https://doi.org/10.1201/9781003081487-1>
- Attaran, M., & Gunasekaran, A. (2019). *Applications of Blockchain Technology in Business*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27798-7>
- Berryhill, Jamie; Bourgerly, Théo; Hanson, A. (2018). *Blockchains Unchained: Blockchain Technology and its Use in the Public Sector*.
- BlockChain Services. (2020). *Protocolos de consenso para blockchain; PoW, PoS y más*.
- Caballero Martínez, J. (2019a). *Criptomonedas, blockchain y contratos inteligentes*. Universidad Externado de Colombia.
- Caballero Martínez, J. (2019b). La convergencia tecnológica al servicio de la lucha anticorrupción. *Revista La Propiedad Inmaterial*, 28, 139–165. <https://doi.org/10.18601/16571959.n28.05>
- Caballero Martínez, J. (2022). La tecnología blockchain y el notariado público. In M. Behar-Touchais (Ed.), *La blockchain saisie par le droit vol. 2*. IRJS éditions.
- Cantero Gamito, M., & Ebers, M. (2021). Algorithmic Governance and Governance of Algorithms: An Introduction. In *Algorithmic Governance and Governance of Algorithms* (pp. 1–22). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-50559-2_1
- Carullo, G. (2021). The Role of Blockchain in the Public Sector: An Overview. In *Blockchain, Law and Governance*. Springer.
- Castaño, D. (2019). *Blockchain & Public Law*.
- Colombia Fintech. (2019). *El Banco de La República de Colombia explorará intercambio de valores con Blockchain*.
- Colombia, M. (2020). *MinTIC publica el Marco de Transformación Digital para mejorar la relación Estado-ciudadano*. Sala de Prensa - Noticias.
- Contenidos Virtuales Bogotá aprende TIC*. (n.d.).
- Cordero Valdavidia, M. (2019). *Personas y Organizaciones Públicas Núm. 16 zk./2019. Págs. 16-34 or*.
- Could blockchain have solved the mystery of the romaine lettuce E. coli outbreak? | The Seattle Times*. (n.d.).
- De Filippi, P., & Wright, A. (2018a). *Blockchain and the law : the rule of code*.

- De Filippi, P., & Wright, A. (2018b). *Blockchain and the law: the rule of code*. Harvard University Press.
- El profundo impacto de la integración de blockchain - IBM Systems Blog para Latinoamérica - Español*. (n.d.).
- Endemann, B., Wladawsky-Berger, I., LaPointe, C., & Yen, H. (2020). *Technology Factsheet: Blockchain*. Belfer Center for Science and International Affairs, Harvard Kennedy School.
- Fundamentos de la Tecnología Blockchain - Educación Continua - Portal Universitario*. (n.d.).
- Hatfield-Dodds, S., Nelson, R., & Cook, D. C. (2007). *Adaptive Governance: An Introduction and Implications for Public Policy*. <https://doi.org/10.22004/AG.ECON.10440>
- Hileman, G., & Rauchs, M. (2017). 2017 Global Blockchain Benchmarking Study. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3040224>
- Holbrook, J. (2020a). *Architecting enterprise blockchain solutions*. Sybex.
- Holbrook, J. (2020b). Blockchain Governance, Risk, and Compliance (GRC), Privacy, and Legal Concerns. In J. Holbrook (Ed.), *Architecting Enterprise Blockchain Solutions* (pp. 257–277). John Wiley & Sons, Ltd. <https://doi.org/10.1002/9781119557722.CH9>
- IDC. (2021). *Global Spending on Blockchain Solutions Forecast to be Nearly \$19 Billion in 2024, According to New IDC Spending Guide*. https://www.idc.com/getdoc.jsp?containerId=prUS47617821&utm_medium=rss_feed&utm_source=alert&utm_campaign=rss_syndication
- Ingeniería UNAL - Educación Continua*. (n.d.).
- Kumar Jena, A., & Priyambada Dash, S. (2021). Blockchain Technology: Introduction, Applications, Challenges. In S. K. Panda, A. K. Jena, S. K. Swain, & S. C. Satapathy (Eds.), *Blockchain Technology: Applications and Challenges* (Vol. 203). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-69395-4>
- Lang, V. (2021). *Digital fluency: understanding the basics of artificial intelligence, blockchain technology, quantum computing, and their applications for digital transformation*. Apress.
- Liu, L., & Antonopoulos, N. (2010). From Client-Server to P2P Networking. In *Handbook of Peer-to-Peer Networking* (pp. 71–89). Springer. https://doi.org/10.1007/978-0-387-09751-0_3
- Liu, Y., Lu, Q., Paik, H.-Y., & Zhu, L. (2021). Defining Blockchain Governance Principles: A Comprehensive Framework. *Arxiv*. <https://doi.org/10.48550/arxiv.2110.13374>
- Lucas, M. (2019). *Tecnología blockchain. Un nuevo modelo de acción de gobierno - ACOP*. A Fondo.
- Lyons, T., Courcelas, L., & Timsit, K. (2019). *Thematic Report 1 Blockchain and digital identity BLOCKCHAIN AND DIGITAL IDENTIT Y An initiative of the*.
- Márquez Solís, S. (2016). *Bitcoin guía completa de la moneda del futuro*. Ediciones de la U. <http://eds.a.ebscohost.com/eds/detail/detail?vid=3&sid=b011768e-ea8e-440e-a51d-ae7aa18d37c5%40sessionmgr4006&bdata=Jmxhbmcmc9ZXMmc2I0ZT1lZHMtbGI2ZSZZyY29wZT1zaXRI#AN=uec.244353&db=cat05988a>
- May, T. C. (n.d.). *The Crypto Anarchist Manifesto*. Retrieved December 11, 2020, from <https://www.activism.net/cypherpunk/crypto-anarchy.html>

- May, T. C. (1994). *Crypto Anarchy and Virtual Communities* | Satoshi Nakamoto Institute. <https://nakamotoinstitute.org/virtual-communities/>
- Mik, E. (2019). Blockchains. In *The Cambridge Handbook of Smart Contracts, Blockchain Technology and Digital Platforms* (pp. 160–182). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/9781108592239.009>
- Mintic. (2021). *Glosario - Arquitectura TI*. Ministerio de Tecnologías de La Información y de Las Comunicaciones.
- MinTIC. (2020). *Anexo 1 Guía de Lineamientos de los Servicios Ciudadanos Digitales Septiembre 2020*.
- Mulligan, C., Scott, J. Z., Warren, S., & Rangaswami, J. (2018). Blockchain Beyond the Hype A Practical Framework for Business Leaders. *World Economic Forum, April*, 1–7.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System*. www.bitcoin.org
- OCDE. (2019). *Blockchain Technologies as a Digital Enabler for Sustainable Infrastructure*. https://www.oecd-ilibrary.org/environment/blockchain-technologies-as-a-digital-enabler-for-sustainable-infrastructure_0ec26947-en
- PoW, PoS y Pol para principiantes*. (n.d.).
- Preukschat, A., Kuchkovsky, C., Gómez Lardies, G., Díez García, D., Molero, Í., Várez, J. L., Felguera, E., & Steck, C. (2018). *Blockchain: la revolución industrial de internet*. <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=cat05988a&AN=uec.252651&site=eds-live>
- Rattanapoka, C. (2010). Understanding Peer-to-Peer Technology . *Suranaree J. Soc. Sci*, 4(1). <https://so05.tci-thaijo.org/index.php/sjss/article/view/23805/20252>
- Redes centralizadas VS distribuidas*. | by iCommunity.io | Medium. (n.d.).
- Rivest, R. L., Shamir, A., & Adleman, L. (1978). A Method for Obtaining Digital Signatures and Public-Key Cryptosystems. *Communications of the ACM*, 21(2), 120–126. <https://doi.org/10.1145/359340.359342>
- Roy, L. (2019). 5 Ways Traceability Technologies Can Lead to a Safer, More Sustainable World. *World Economic Forum*, 10, 1–6.
- Ruparelia, N. (2016). *Cloud computing*. MIT Press.
- Schulte, S., Sigwart, M., Frauenthaler, P., & Borkowski, M. (2019). Towards Blockchain Interoperability. *Lecture Notes in Business Information Processing*, 361, 3–10. https://doi.org/10.1007/978-3-030-30429-4_1
- Sede Bogotá | Universidad Nacional de Colombia: Curso: Tecnología blockchain y aspectos económicos*. (n.d.).
- Soudan, Y. (2021). *The Governance Problem in Distributed Ledgers: An Analysis Focusing on Tezos*.
- Stadista. (2021). *Blockchain*.
- Swan, M. (2015). *Blockchain*. O'Reilly Media. <http://shop.oreilly.com/product/0636920037040.do>
- Tan, E., Mahula, S., & Cromptvoets, J. (2022). Blockchain governance in the public sector: A

- conceptual framework for public management. *Government Information Quarterly*, 39(1), 101625. <https://doi.org/10.1016/J.GIQ.2021.101625>
- Tapscott, D., Tapscott, A., & Salmerón Arjona, J. (Trad). (2017). *La revolución blockchain: descubre cómo esta nueva tecnología transformará la economía global*. Deusto.
- Taskinsoy, J. (2019). Blockchain: A Misunderstood Digital Revolution. Things You Need to Know about Blockchain. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/SSRN.3466480>
- The MIT License | Open Source Initiative*. (2022).
- Tsvetkov, B., & Kostadinov, H. (2019). DLT smart contract platforms for software lifecycle management. *AIP Conference Proceedings*, 2164(1), 120015. <https://doi.org/10.1063/1.5130875>
- Uhlig, L., & Urbach, N. (2021). What Do We Really Need? A Systematic Literature Review of the Requirements for Blockchain-based E-government Services. *Conference: 16th International Conference on Wirtschaftsinformatik*. https://www.researchgate.net/publication/348678589_What_Do_We_Really_Need_A_Systematic_Literature_Review_of_the_Requirements_for_Blockchain-based_E-government_Services
- United States Government Accountability Office. (2022). *Blockchain. Emerging Technology Offers Benefits for Some Applications but Faces Challenges*. <https://www.gao.gov/assets/gao-22-104625.pdf>
- UxTIC / Token Partner - Cámara de Comercio Blockchain (Bogotá, Colombia) | Meetup*. (n.d.).
- Wang, W. A. (2018). *Crypto Economy: How Blockchain, Cryptocurrency, and Token-Economy Are Disrupting the Financial World*. Racehorse Publishing.
- Warburg, B., Wagner, B., & Serres, T. (2019). *Basics of Blockchain: a guide for building literacy in the economics, technology and business of blockchain*. Independently published.
- WEF Blockchain Toolkit - Digital Identity*. (n.d.).
- Wolf, D. B., Becerra, S. de la C., Carvalho de Fassio, R., Lehrer, D., Lundy-Bryan, L., Passos, L., Rodriguez Cabrera, C., & Wu, H. (2020). *Exploring Blockchain Technology for Government Transparency: Blockchain-Based Public Procurement to Reduce Corruption*. World Economic Forum: Insight Reports.
- World Economic Forum. (2018). *Blockchain Beyond the Hype A Practical Framework for Business Leaders*.
- X-ROAD Colombia es una solución de capa de intercambio de datos open*. (n.d.).
- 'Zero Knowledge Proof': cómo preservar la privacidad en un mundo basado en datos | BBVA*. (n.d.).

Referencias recomendadas

Agencia Nacional de Tierras, Colombia, *Block Chain Tierras*

<https://www.agenciadetierras.gov.co/transparencia-y-acceso-a-la-informacion-publica/informacion-de-interes/prototipo-blockchain-tierras#documentos>

<https://youtu.be/oGuSB2NAvMc>

Banco Mundial (2018), *UFA2020 Overview: Universal Financial*.

<https://www.worldbank.org/en/topic/financialinclusion/brief/achieving-universal-financial-access-by-2020>

Cámara de Comercio de Bogotá (2019)

<https://www.ccb.org.co/Clusters/Cluster-de-Software-y-TI/Noticias/2019/Septiembre-2019/Avanzan-las-acciones-en-materia-de-economia-digital-en-Colombia>

Centro de Innovación MinTIC, *Estrategia Blockchain, Informe de Resultados Proceso de Elecciones prototipo de Blockchain*

https://centrodeinnovacion.mintic.gov.co/sites/default/files/20_blockchain_para_eleccion_colegios_distritales.pdf

Clementina Giraldo, *Perspectivas del Ecosistema Blockchain de Chile: Visión del Gobierno*

<http://www.clemengiraldo.com/blockchainchile/>

Colombia C4RI (2019), *Documento estratégico Blockchain, diciembre 2019*

Colombia: *Ley de Protección de Datos de Colombia, Ley 1581 de 2012, MinTIC.*

https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-4274_documento.pdf

Colombia Fintech (2019), *El Banco de La República de Colombia explorará intercambio de valores con Blockchain, octubre 2019.*

<https://www.colombiafintech.co/novedades/banco-republica-de-colombia-explorara-intercambio-de-valores-con-corda-de-r3>

Consensus, *Zug Digital ID: Blockchain Case Study for Government Issued Identity,*

<https://consensus.net/blockchain-use-cases/government-and-the-public-sector/zug/>

Cordero Valdavia, Magdalena (2019), *Blockchain en el sector público, una perspectiva internacional*, Revista Vasca de Gestión de Personas y Organizaciones Públicas <https://www.euskadi.eus/t59auUdaWar/t59aMostrarFicheroServlet?R01HNoPortal=tue&t59aldRevista=3&t59aTipoEjemplar=R&t59aSeccion=51&t59aContenido=2&t59aCorrelativo=2&t59aVersion=1&t59aNumEjemplar=16>

Datareportal (2020). *Digital around the world*. <https://datareportal.com/global-digital-overview>

Deloitte, *Aplicaciones prácticas de blockchain para el sector público, Conceptos básicos para el gobierno-*

<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/public-sector/articles/blockchain-sector-publico.html>

Enev, Emilian (2020), *How to put together a Blockchain project*.

Gitcoin, 2019. *Open-Source Money will BUIDL the Open Source Ecosystem, The blockchain revolution is growing open source* Medium 2018, Kevin Owocki

<https://medium.com/gitcoin/open-source-money-will-buidl-the-open-source-ecosystem-f4169def8748>

GlobalData (2020). *Blockchain to play a pivotal role in healthcare industry, but uptake is slow*

<https://www.globaldata.com/blockchain-to-play-a-pivotal-role-in-healthcare-industry-but-uptake-is-slow/>

Haig, Samuel (2020), *Las Grandes Farmacéuticas instan a la FDA a usar blockchain para el seguimiento de los medicamentos*. Cointelegraph.

<https://es.cointelegraph.com/news/big-pharma-urges-fda-to-use-blockchain-for-drug-tracking>

Iredale, Gwynet (2020), *Chapter-4: Blockchain Technology Definition: What Are the Different Types?*, <https://101blockchains.com/blockchain-definition/>

KPMG (2019), Nicolas Olea y Glenn Tjon, *Descubra el potencial de Blockchain*,

<https://assets.kpmg/content/dam/kpmg/pa/delineandoestrategias/DE-Tecnologia-disruptiva-Descubra-el-potencial-de-blockchain-SECURED-updated.pdf>

Lesá Noné (2019), *Which Governments Are Using Blockchain Right Now?*

https://consensys.net/blog/enterprise-blockchain/which-governments-are-using-blockchain-right-now?_ga=2.43621152.461112524.1598642409-1754052997.1598642409

Liao, Rebeca (2020), How interoperability establishes blockchain's utility and effectiveness for trade finance. World Economic Forum.

<https://www.weforum.org/agenda/2020/05/blockchain-interoperability-utility-effectiveness/>

Madeira, Antonio (2020), Blockchain perturba la industria de la música y hace que cambie de tono

<https://es.cointelegraph.com/news/blockchain-to-disrupt-music-industry-and-make-it-change-tune>

Maxie, Emily (2018), Pros and Cons of Different Blockchain Consensus Protocols.

<https://www.verypossible.com/insights/pros-and-cons-of-different-blockchain-consensus-protocols>

MINTIC, Observatorio de la economía digital de Colombia

https://www.mintic.gov.co/portal/604/articles-61929_recurso_4.pdf

Quandl, Bitcoin Total Number of Transactions

<https://www.quandl.com/data/BCHAIN/NTRAT-Bitcoin-Total-Number-of-Transactions>

Redman, Jamie (2020), Close to 11 Million BTC Haven't Moved in Over a Year

<https://news.bitcoin.com/close-to-11-million-btc-havent-moved-in-over-a-year/>

Rodríguez Roldán, Diego. Blockchain: cambiando los modelos de relación y confianza, Deloitte.

<https://www2.deloitte.com/es/es/pages/governance-risk-and-compliance/articles/blockchain-cambiando-modelos-relacion-confianza.html>

Rodríguez, Nelson, (2019), Prueba de concepto blockchain: Guía de PoC empresarial. 101 Blockchain. <https://101blockchains.com/es/prueba-de-concepto-blockchain/>

SAP. Blockchain explicado desde una perspectiva empresarial

<https://www.sap.com/latinamerica/insights/what-is-blockchain.html>

Serale, Florencia; Redí, Christoph; Muenta-Kunigami, Arturo (2019), *Blockchain en la administración pública ¿mucho ruido y pocos bloques?* BID.
[https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Blockchain en la administraci%C3%B3n p%C3%ABlica Mucho ruido y pocos bloques es.pdf](https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Blockchain%20en%20la%20administraci%C3%B3n%20p%C3%ABlica%20Mucho%20ruido%20y%20pocos%20bloques.es.pdf)

Slovak University of Technology (2019), OECD (2019). *Scoping Paper on the Potential of Blockchain to Promote Trust in Public Institutions and Policy Making*

<https://www.mirri.gov.sk/wp-content/uploads/2019/12/Scoping-Paper-on-the-Potential-of-Blockchain-to-Promote-Trust-in-Public-Institutions.pdf>

WEF (2017), *Two billion people lack access to a bank account. Here are 3 ways blockchain can help them*, Pavel Bains Chief Executive Officer, Bluzelle Networks

<https://www.weforum.org/agenda/2017/06/3-ways-blockchain-can-accelerate-financial-inclusion/>

WEF (2018). *How blockchain brings social benefits to emerging economies.*

<https://www.weforum.org/agenda/2018/12/how-blockchain-brings-social-benefits-to-emerging-economies>

WEF (2020), *Why we need a blockchain bill of rights*, February 2020.

<https://www.weforum.org/agenda/2020/02/why-we-need-a-blockchain-bill-of-rights/>

REFERENCIAS SOBRE OFERTA DE EDUCACIÓN EN BLOCKCHAIN

SENA Innova

<https://www.sena.edu.co/es-co/Empresarios/Paginas/SENA%20INNOVA%202020/Nuestro-Proceso.aspx>

Fundación Universitaria del Área Andina

<https://www.areandina.edu.co/es/content/curso-en-blockchain-fundamentos-de-una-tecnologia-disruptiva>

Bogotá Aprende TIC

<http://www.bogotaaprendetic.gov.co/cur3.html>

Cámara de Comercio de Bogotá, “La tecnología blockchain y los criptoactivos han llegado para quedarse”, Blockchain y Criptomonedas

<https://www.ccb.org.co/Eventos-y-capacitaciones/Nuestros-eventos/Formacion-Empresarial/Seminarios-virtuales/Blockchain-y-criptomonedas>

DIPLOMADO EN BLOCKCHAIN-DESARROLLO DE APLICACIONES DESCENTRALIZADAS SOBRE ETHEREUM (DAPPS)

<https://www.usergioarboleda.edu.co/educacion-continuada/diplomado-en-blockchain-desarrollo-aplicaciones-descentralizadas-ethereum-daaps/>

Economía colaborativa, Universidad Sergio Arboleda

<https://www.usergioarboleda.edu.co/madrid/programa/economia-colaborativa>

Tecnología blockchain y aspectos económicos, Universidad Nacional de Colombia

https://bogota.unal.edu.co/noticias/actualidad/curso-tecnologia-blockchain-y-aspectos-economicos/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=3969354d6c0cbe442d15c8c89730ce44

Blockchain – Creación de contratos inteligentes, Universidad Nacional de Colombia

<https://bogota.unal.edu.co/noticias/actualidad/blockchain-creacion-de-contratos-inteligentes-agosto->

[02/?tx_news_pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=7c56e031fe1da2c2b9f1817d30cef263](https://www.bancomundial.org/es/news/pi1%5Bcontroller%5D=News&tx_news_pi1%5Baction%5D=detail&cHash=7c56e031fe1da2c2b9f1817d30cef263)

Fundamentos de la Tecnología Blockchain, Universidad Javeriana

<https://educacionvirtual.javeriana.edu.co/fundamentos-de-la-tecnolog%C3%ADa-blockchain>

Introducción al Blockchain y monedas encriptadas: impacto en el mercado financiero - Medellín

<https://www.eafit.edu.co/cec/econom%C3%ADa-y-finanzas/economia/curso-introduccion-al-blockchain-y-monedas-encriptadas-impacto-en-el-mercado-financiero-medellin>

Blockchain para programadores en Ethereum y DeFi, Blockchain eX Innovation Center

<https://bloex.co/portfolio/blockchain-para-programadores-en-ethereum-y-defi-finanzas-decentralizadas/>

Cursos y cátedra Blockchain Universidad Jorge Tadeo Lozano

<https://appsia.utadeo.edu.co/pda/pags/es/anyo20182S/asignaturas/plan0504/asig10166.html>

<https://www.utadeo.edu.co/es/evento/academicos/no-te-pierdas-la-clase-abierta-de-introduccion-la-blockchain/home/1>

<https://www.utadeo.edu.co/es/evento/academicos/clase-abierta-introduccion-la-blockchain/home/1>

<https://www.utadeo.edu.co/es/evento/academicos/se-inician-las-clases-abiertas-de-introduccion-la-blockchain/home/1>



El futuro digital
es de todos

MinTIC

GUÍA DE REFERENCIA PARA LA
ADOPCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DE
PROYECTOS CON TECNOLOGÍA
BLOCKCHAIN
PARA EL ESTADO COLOMBIANO

**MINISTERIO DE TECNOLOGÍAS DE LA
INFORMACIÓN Y LAS COMUNICACIONES**

Edificio Murillo Toro Cra. 8 entre calles 12A y 12B
Bogotá, D.C. - Colombia - Código Postal 111711
Tel: (+57) 601 344 34 60 - Línea Gratuita: 01-800-0914014
Correo: minticresponde@mintic.gov.co
Horario de Atención:
Lunes a Viernes 8:30 am - 4:30 p.m.



www.mintic.gov.co

Hechos

QUE

CONECTAN ✓