



INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

Estudio exploratorio sobre la tecnología blockchain aplicada en cadenas de suministro

Marisol Barrón Bastida
Elizabeth de la Torre Romero
Bernardo Hernández Sánchez

Publicación Técnica No. 646
Sanfandila, Qro.
2021

ISSN 0188-7297

Esta investigación fue realizada en la Coordinación de Transporte Integrado y Logística del Instituto Mexicano del Transporte, por la Mtra. Marisol Barrón Bastida, la Dra. Elizabeth de la Torre Romero y el Mtro. Bernardo Hernández Sánchez.

Esta publicación es el producto final del proyecto de investigación interna TI 17/20: Estudio exploratorio sobre la tecnología blockchain aplicada en cadenas de suministros.

Se agradece la revisión y aportaciones del Dr. Carlos Martner Peyrelongue, coordinador de Transporte Integrado y Logística del IMT, cuyas observaciones mejoraron la calidad de este documento.

Se reconoce también el apoyo brindado por el Laboratorio Nacional de Sistemas de Transporte y Logística (SiT-LOG Lab), cuyas capacidades tecnológicas facilitaron el desarrollo de la aplicación, así como su difusión en el sitio web del SiT-LOG Lab.

Contenido

	Página
Sinopsis.....	vii
Abstract.....	ix
Resumen ejecutivo.....	xi
Introducción.....	1
1. Blockchain: visión tecnológica y aspectos básicos.....	3
1.1 Características de blockchain.....	5
1.2 Agrupación en término de cadena de bloques.....	7
1.3 Seguridad en blockchain.....	7
2. Impacto, beneficios y áreas de aplicación en la cadena de suministro.....	11
2.1 Blockchain aplicado en la cadena de suministro.....	11
2.1.1 Relevancia de la información en la cadena de suministro.....	12
2.1.2 Blockchain como facilitador de transferencia de la información.....	13
2.1.3 Principales beneficios del uso de blockchain.....	14
2.1.4 Áreas de aplicación en las cadenas de suministro.....	14
3. Industrias y sectores ideales para la implementación de blockchain.....	17
3.1 En el sector financiero.....	17
3.2 En el sector salud.....	18
3.3 Aplicación para el bienestar social.....	18
3.4 La industria alimentaria.....	18
3.5 El sector automotriz.....	20
3.6 El sector aeronáutico.....	21
4. Elementos tecnológicos de la tecnología blockchain.....	23
4.1 Una referencia de arquitectura basada en blockchain.....	23
4.2 Tipos de redes blockchain.....	24
4.3 Fiabilidad en la tecnología blockchain.....	25

4.4	Participantes en la operación de una red.....	25
4.5	Plataformas informáticas de código abierto basadas en blockchain.....	26
4.6	Blockchain como servicio (BaaS).....	28
5.	Casos de éxito, perspectivas, retos y oportunidades	31
5.1	Casos de éxito	33
5.1.1	Agilización de información y transferencias financieras	34
5.1.2	Facilitando el comercio internacional	34
5.1.3	Rastreabilidad de productos.....	35
5.1.4	Cadenas de suministro éticas	36
6.	Conclusiones	39
	Bibliografía	41

Índice de figuras

Figura 1.1 Arquitecturas P2P y cliente servidor.....	4
Figura 1.2 Comparación Internet y las Tecnologías de Registro Distribuido.....	6
Figura 1.3 Ilustración de una cadena de bloques.....	7
Figura 1.4 Ejemplo de una función hash SHA-256.....	8
Figura 1.5 Ejemplo de una serie de bloques con su clave hash SHA-256.....	9
Figura 2.1 Comunicación Blockchain en la cadena de suministro.....	13
Figura 3.1. Plataforma IBM Trust en el procesamiento del puré de manzana.....	20
Figura 4.1 Ejemplo de una arquitectura de referencia de blockchain.....	24
Figura 4.2 Proceso para el uso del servicio Amazon Managed Blockchain.....	29

Sinopsis

Este trabajo presenta un estudio exploratorio sobre la tecnología emergente blockchain. Se incluyen sus términos y características más relevantes. Así mismo, se aborda el impacto, beneficios, áreas de aplicación en las cadenas de suministro y los sectores que son ideales para implementar blockchain.

Por otro lado, se listan las plataformas blockchain de código abierto, así como una serie de factores a considerar como guía para elegir la tecnología más adecuada. Finalmente se señala el impacto que ha tenido esta tecnología y se presentan algunos casos de éxito, perspectivas, retos y oportunidades.

Con el desarrollo de estos proyectos, se pretende formar una base de conocimiento y desarrollo de soluciones en el marco de las tecnologías emergentes, que aporten valor al Sector de Comunicaciones y Transportes, y con ello, impulsar el crecimiento tecnológico del país.

Abstract

This paper presents an exploratory study on emerging blockchain technology. Its most relevant terms and characteristics are included. Likewise, the impact, benefits, and areas of application in supply chains and sectors that are ideal for implementing blockchain are addressed.

On the other hand, open source blockchain platforms are listed, as well as a series of factors to consider as a guide to choose the most appropriate technology. Finally, the impact that this technology has had is pointed out, and some success stories, perspectives, challenges and opportunities are presented.

With the development of these projects, the aim is to form a base of knowledge and development of solutions within the framework of emerging technologies, thus adding value to the Communications and Transportation Sector, and with it, the promotion of the technological growth of the country.

Resumen ejecutivo

A continuación, se presenta un estudio exploratorio sobre la tecnología blockchain, el cual, aborda los principales términos que están inmersos en esta tecnología, así como sus aplicaciones en diversas industrias y sectores, por ejemplo: el sector automotriz, industria alimentaria, sector aeronáutico, salud, etc. Se prevé que, por ser una tecnología emergente, sus aplicaciones en diversas áreas continúen creciendo a lo largo del tiempo.

En el capítulo 1 “Blockchain, aspectos básicos” se mencionan las bases de la criptomoneda Bitcoin y con ello el surgimiento de la tecnología blockchain. Así mismo, se presentan sus términos y características más relevantes, el protocolo que utiliza, la red que lo sustenta y la forma en cómo se estructuran y validan los datos.

El capítulo 2 “Impacto, beneficios y áreas de aplicación en la cadena de suministro” presenta el impacto que ha tenido blockchain en las cadenas de suministro, resaltando la relevancia de la tecnología como facilitadora de transferencia de la información sin intermediarios en cada etapa de la cadena. Así mismo, se listan los principales beneficios del uso de blockchain y sus áreas de aplicación en las cadenas de suministro.

En el capítulo 3 “Industrias y sectores ideales para implementar blockchain” se presentan algunas aplicaciones en sectores e industrias que usan esta tecnología para solucionar la visibilidad, la protección de los datos y la gestión de activos.

El capítulo 4 “Elementos tecnológicos de la tecnología blockchain” describe la referencia de una arquitectura basada en esta tecnología, los tipos de red blockchain y los participantes involucrados en la red. Además, se mencionan las plataformas informáticas de código abierto, junto con una lista de factores que permiten guiar al usuario al momento de seleccionar un servicio y los pasos para implementar una aplicación.

En el capítulo 5 “Casos de éxito, perspectivas, retos y oportunidades” se discuten algunos casos de éxito de empresas que han logrado generar una logística más confiable y con menor número de imprevistos a través del uso de blockchain. De igual modo, se abordan los principales retos y oportunidades que presentan las empresas al momento de seleccionar la mejor tecnología,

Y para finalizar en el capítulo 6 se presentan las conclusiones respecto al potencial que tiene la tecnología en las cadenas de suministro, así como los beneficios para las pequeñas y medianas empresas, además de las ventajas de usar una plataforma y servicios web.

Introducción

Las cadenas de suministro son el sistema circulatorio de la economía global, que brindan acceso a lo que necesitamos para apoyar el comercio y mantener la vida. Sin embargo, su impacto ambiental y vulnerabilidad se han convertido en importantes fuentes de preocupación. Además, su tarea se vuelve cada vez más compleja a medida que se expande la actividad económica mundial.

Para hacer frente a estos cambios y con ello responder de manera inmediata, las industrias se han visto obligadas a cambiar su paradigma tecnológico. Desde hace ya varios años, algunas entidades han venido trabajando en desarrollos de alto impacto tecnológico. Tal es el caso del gobierno de Alemania, que desde 2013, trabaja en un proyecto de estrategia de alta tecnología para llevar su producción a una total independencia de la mano de obra humana (Perasso, V. 2016).

La inmersión de la Cuarta Revolución Industrial (Industria 4.0) representa un gran cambio social e industrial en todo el mundo. Se observarán industrias con procesos automatizados que combinarán maquinaria física con procesos digitales capaces de tomar decisiones descentralizadas. Las empresas podrán crear redes inteligentes que podrán controlarse a sí mismas a lo largo de toda la cadena de valor (Perasso, V. 2016).

En este sentido, una de las tecnologías que están emergiendo como parte de la Industria 4.0 y que ha tomado gran relevancia en las cadenas de suministro es la tecnología de cadena de bloques, mejor conocida como blockchain.

Esta ha sido mayormente explorada, incluso desarrollada, por las economías avanzadas, a diferencia de América Latina que se encuentra aún en la fase de exploración. De acuerdo a Naúmenko y Fakhruddínova (2019), este retraso apunta a que se carece de una infraestructura social y económica suficientemente desarrollada, quedando atrás de los países avanzados en el ámbito del desarrollo tecnológico y de innovación.

En un inicio, esta tecnología se concebía únicamente para realizar transacciones de moneda digital, sin embargo, sus aplicaciones han crecido, posicionándose en diversos ámbitos de la vida diaria. (Tamara V. Naúmenko y Liia R. Fakhruddínova, 2019).

Don y Alex Tapscott, 2017, definen blockchain como una base digital, invulnerable a la corrupción, que contiene los datos sobre transacciones económicas y que puede ser programada para registrar no solo transacciones financieras sino, todo lo que tenga valor.

Como mecanismo para intercambiar valor y crear un registro inmutable de transacciones, incluso las pequeñas empresas podrían usar blockchain para colaborar mejor y, en algunos casos, competir con jugadores globales. Esta participación puede aportar diversas ventajas, por ejemplo, puede aportar nuevos conocimientos a los tomadores de decisiones quienes en algunas circunstancias necesitan ver la procedencia de diferentes elementos dentro de una cadena de suministro.

En otro enfoque, dentro de una cadena de suministro de alimentos, la tecnología puede proporcionar una mayor transparencia cuando se trata de escándalos alimentarios o contaminación, lo que permite a los reguladores ver exactamente qué áreas se han visto afectadas y dirigir mejor sus esfuerzos para resolver problemas (World Economic Forum, 2020).

Sin embargo, un desafío clave con blockchain es garantizar que los sistemas industrializados basados en esta tecnología sean lo suficientemente robustos y seguros para manejar el volumen de transacciones que ocurren en las grandes cadenas de suministro, por ello, los estudios e investigación de los procesos relacionados con el transporte de mercancías, la logística y la cadena de suministro se han convertido en un factor crítico a medida que se expande la actividad económica mundial, lo que exige el desarrollo de estrategias que permitan satisfacer necesidades, con soluciones precisas, oportunas y con menores tiempos de respuesta.

1. Blockchain: visión tecnológica y aspectos básicos

A medida que el mundo digital continúa evolucionando y conforme el Internet se vuelve ampliamente accesible para la gente, se han desarrollado nuevas tecnologías utilizando su infraestructura. Sin embargo, la privacidad y seguridad se convirtieron en un problema. Es aquí, donde surgieron las bases de la criptomoneda como Bitcoin, a través del desarrollo de tecnología de cifrado (Jenkinson G., 2018).

A finales de la década de los 80, un grupo de activistas denominados cypherpunks¹, identificaron los peligros de la nueva era digital y decidieron hacer algo al respecto. Se convirtieron en los defensores de la libertad y la privacidad, formando una especie de rebelión criptográfica (Godoy G., 2019). Ellos defienden la idea de usar criptografía potente y lo mejor de la tecnología para proteger la privacidad de las personas (Academy, 2020).

Estos activistas querían incorporar tecnologías que mejoraran la privacidad y protocolos de Internet, trabajaron en ese proyecto durante décadas, hasta que en 2009 Satoshi Nakamoto llegó con una nueva solución (Jenkinson G., 2018), en la cual, publicó la primera especificación y concepto de la criptomoneda “Bitcoin”, sin embargo, abandonó el proyecto a finales de 2010.

La criptografía² es considerada la técnica esencial en blockchain, ya que permite compartir información de forma encriptada por enormes redes de ordenadores sin ninguna jerarquía. El término Bitcoin también se utiliza para referirse al protocolo que utiliza blockchain y a la red peer-to-peer (P2P) que lo sustenta.

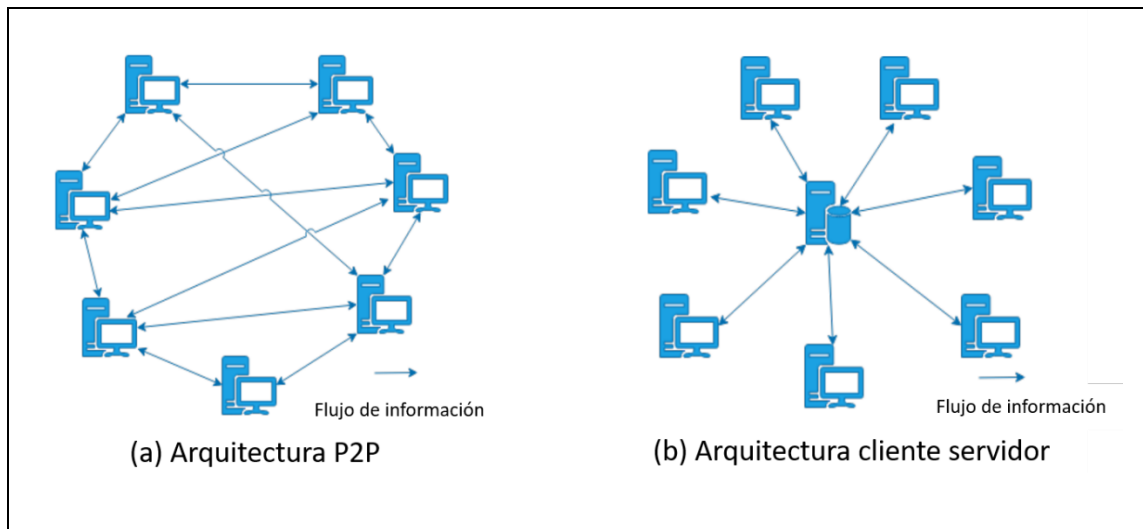
Para ello dependen de una red de igual a igual, en las cuales, se usa un protocolo de código abierto, permitiendo registrar transacciones mediante un entorno seguro

¹ Un cypherpunk es cualquier individuo que defiende el uso generalizado de criptografía sólida y tecnologías que mejoran la privacidad como una ruta hacia el cambio social y político.

² La técnica de criptografía fue usada en el ámbito militar. Desde la Segunda Guerra Mundial, los gobiernos se dieron cuenta de la relevancia de la criptografía para la codificación y decodificación de la información. Actualmente, se reconoce el trabajo de Alan Turing, quien descifró los códigos de la máquina “Enigma” que utilizaban los alemanes para sus comunicaciones en la Segunda Guerra Mundial (BBVA, 2017).

a través del uso de la tecnología P2P. La figura 1.1 muestra un ejemplo de una red P2P y una red cliente servidor.

A diferencia de una arquitectura cliente servidor, en una arquitectura P2P hay una mínima dependencia de los servidores dedicados. En su lugar, las aplicaciones explotan la comunicación directa entre pares de hosts conectados. Los pares no son propiedad del proveedor del servicio, sino que son computadoras controladas por los usuarios.



Fuente: Valdés y Bastian, 2019.

Figura 1.1 Arquitecturas P2P y cliente servidor.

Los nodos son equipos de cómputo que forman parte de la red blockchain, encargados de almacenar y distribuir en tiempo real copias actualizadas de las operaciones que se realizan. Cada vez que se genera un nuevo bloque de información, se añade una copia en todos los nodos de la red (BBVA, 2019).

Una cadena de bloques, conocida en inglés como blockchain, es una estructura de datos cuya información se agrupa en conjuntos (bloques) a los que se les añade metainformaciones relativas a otro bloque de la cadena anterior en una línea temporal. En este contexto, cuando se habla de las palabras "bloque" y "cadena", en realidad se está hablando de información digital (el "bloque") almacenada en una base de datos pública (la "cadena"). Los "bloques" en la cadena de bloques están formados por piezas digitales de información (Reiff, 2020).

Blockchain podría entenderse como un libro compartido e inmutable que facilita el proceso de registro de transacciones y seguimiento de activos en una red. Un activo puede ser tangible (una casa, un automóvil, efectivo, terreno) o intangible (propiedad intelectual, patentes, derechos de autor, marca). En este sentido, una red blockchain proporciona los medios para registrar cualquier tipo de transacción y rastrear el movimiento de cualquier activo, ya sea tangible, intangible o digital, lo que reduce el riesgo y los costos para todos los involucrados (IBM, 2020).

En el mundo actual, la mayoría de los sistemas informáticos, trabajan de una manera centralizada, es decir, son manejados por una sola organización o entidad, y las personas que utilizan los recursos de esos sistemas confían en la organización que lo maneja. Por ejemplo, las personas depositan su dinero en los bancos y utilizan sus sistemas en línea para realizar transacciones de dinero, porque confían en esas organizaciones.

Además, existen organizaciones que utilizan un sistema de datos centralizado, donde todos los nodos de la red necesitan conectar con un nodo central para poder acceder a dichos datos. El problema es que, si ese nodo central no puede ser accedido, el sistema completo colapsaría. Si la información de este nodo central fuera eliminado y no tuviera mecanismos para salvaguardar la información y mitigar los daños, los datos podrían perderse para siempre (Udemy, 2020).

Blockchain permite que computadoras distribuidas en distintos lugares almacenen información actualizada de forma permanente con todas las copias sincronizadas (BBVA, 2018), sin la necesidad de depender de un intermediario que valide la información (IBM, 2019). Todos los nodos son responsables de la gestión y modificación de datos al mismo tiempo, por lo que corromper los datos es prácticamente imposible.

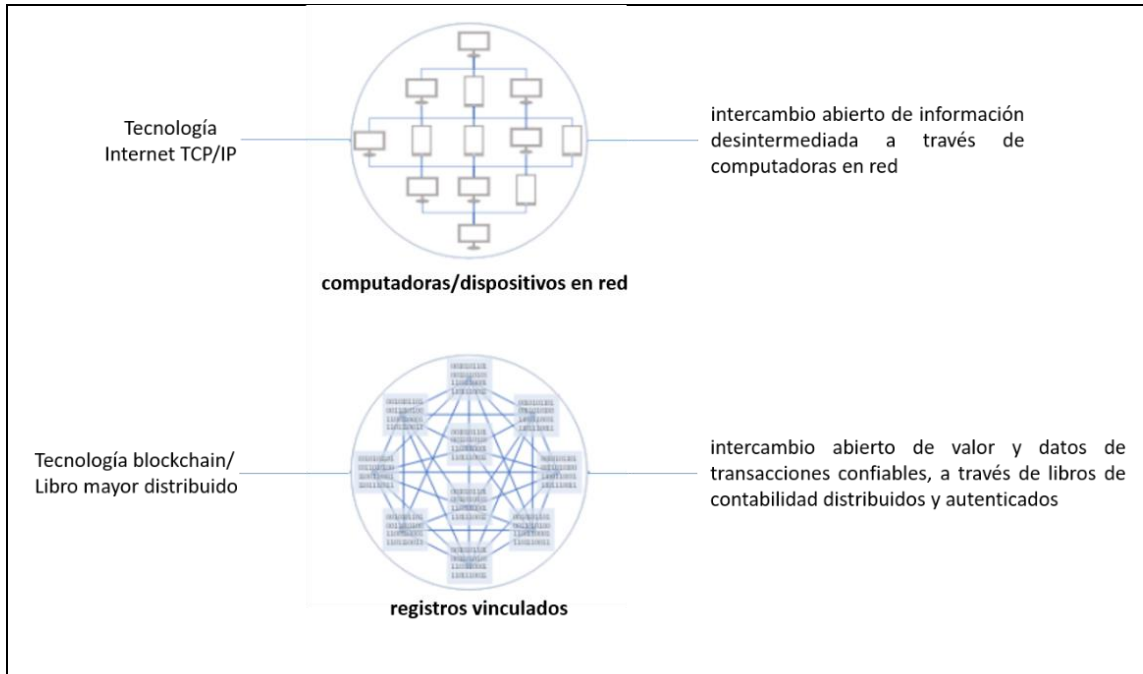
1.1 Características de blockchain

Actualmente, diferentes Tecnologías de Contabilidad Distribuida (DLT) compiten para demostrar sus capacidades a través de un sistema electrónico o base de datos para registrar información que no es ejecutada en una sola entidad. El denominador común en todas estas tecnologías es que permiten almacenar y usar datos que pueden ser descentralizados (almacenados en varios lugares) y distribuidos, ya sea de forma privada o pública.

Blockchain no es otra cosa que una herramienta DLT de uso general que se caracteriza por cuatro atributos fundamentales: transparencia, trazabilidad, confianza y gobernanza distribuida, además, tienen el potencial de crear nuevos procesos comerciales y regulatorios.

Aunque son diferentes de las innovaciones anteriores que han llevado al desarrollo de Internet y su cadena de valor asociada, los DLT se basan en ellos. La fortaleza de Internet ha sido el desarrollo de un protocolo compartido escalable y confiable para intercambiar datos entre una red de computadoras conectadas y otros dispositivos (OECD/ITF, 2018).

Con el uso de algoritmos autoejecutables conocidos como "contratos inteligentes", las DLT fomentan la innovación y la eficiencia a través de la automatización de los procesos comerciales, además permiten el intercambio confiable de información transaccional aprovechando los libros de contabilidad distribuidos y autenticados (ver figura 1.2).



Fuente: OECD/ITF 2018.

Figura 1.2 Comparación Internet y las Tecnologías de Registro Distribuido.

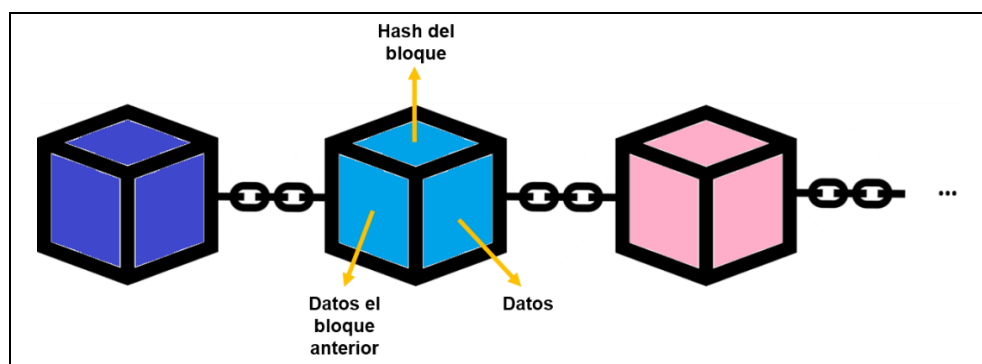
Por otro lado, Rodríguez, N. (2020) ha identificado las siguientes características de la tecnología blockchain:

- **No puede ser corrompida.** Para agregar una transacción cada nodo necesita verificar su validez, lo que promueve la transparencia de la información.
- **Tecnología descentralizada.** Al ser una red descentralizada significa que no hay ninguna autoridad que ejerza el control.
- **Seguridad mejorada.** Nadie puede cambiar la información contenida en la red para su beneficio. Además, el uso de cifrado garantiza otra capa de seguridad para la red.
- **Registros distribuidos.** El registro de la información en la red es mantenido por todos los nodos, lo que distribuye el poder computacional a través de las computadoras para asegurar un mejor resultado.
- **Consenso.** La creación de cada bloque se realiza a través de un algoritmo de consenso.
- **Acuerdos más rápidos.** En comparación con los sistemas actuales, blockchain ofrece acuerdos más rápidos al no depender de intermediarios o autoridades que controlen los activos.

1.2 Agrupación en término de cadena de bloques

En blockchain, los datos se agrupan en bloques y cada uno de ellos se enlazan el uno con el otro como si fuera una cadena, de allí su nombre. Y todas las personas interesadas en los datos pueden verlos. Una vez que es registrado un dato en la cadena de bloques es muy difícil cambiarlo.

Cada uno de los bloques de la cadena tiene datos: el valor Hash del bloque y el valor Hash del bloque anterior. El dato que está almacenado dentro un bloque varía dependiendo del tipo de sistema, por ejemplo, en el caso de un sistema Bitcoin, el bloque contendrá la información de las transacciones realizadas como: quién envía el Bitcoin, quién recibe, cantidad y fecha de la transacción.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.3 Ilustración de una cadena de bloques.

Las agrupaciones de bloques tienen que estar validadas por el sistema. Para ello, se debe encontrar una clave o huella digital que los identifique. Esta clave se denomina 'hash'³ la cual, es única, irrepetible y no se puede modificar. Cada vez que se descubre un nuevo 'hash', se distribuye al resto de nodos de la red, de modo que estén siempre sincronizados (BBVA, 2018).

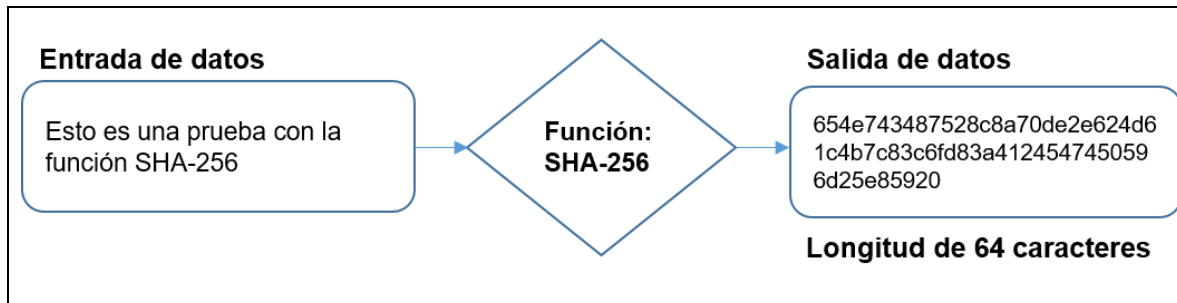
1.3 Seguridad en blockchain

En blockchain las agrupaciones de los bloques tienen que estar validadas por el sistema. Para ello, durante el proceso de minería se realiza un intenso trabajo de cálculo con el fin de encontrar una clave o huella digital que identifique los bloques, el cual, se distribuirá al resto de nodos de la red, de modo que estén siempre sincronizados. Este proceso de cálculo intenso es posible gracias a las funciones hash, también son conocidas como funciones de resumen o funciones de verificación.

³ Una función hash es un procedimiento criptográfico donde se emplea un algoritmo específico para transformar una información determinada en una secuencia alfanumérica única de longitud fija.

Estas son consideradas el hash estándar de la industria, capaz de ofrecer una alta seguridad. El objetivo de su desarrollo fue conseguir un medio que garantizara la seguridad de la información digital. Esto se logró usando una aproximación muy cercana a la criptografía, prácticamente se usan los mismos principios (criptografía asimétrica y funciones hash) para desarrollar estas funciones (Maldonado, 2020).

De acuerdo a G. Levy (2020) la función más utilizada en Bitcoin es SHA-256. Esta función da como resultado una cadena de texto con una longitud de 64 caracteres. Es única e irrepetible. En la figura 1.4 se muestra un ejemplo de una función hash SHA-256.



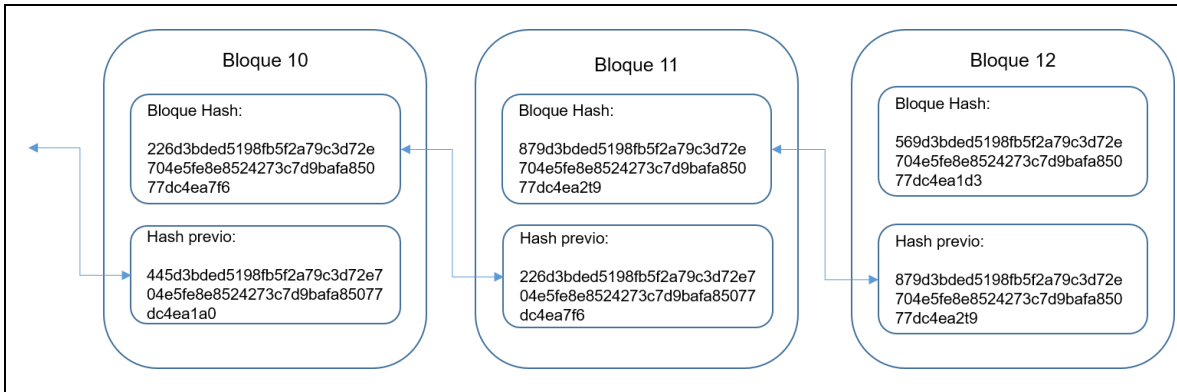
Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.4 Ejemplo de una función hash SHA-256.

El proceso de calcular hashes es muy rápido, sin embargo, su uso intensivo dificulta el proceso de cálculo. Por ejemplo, en la red de Bitcoin, se realiza un uso intensivo de cálculo de hashes SHA-256. Cada vez que un nuevo bloque se genera se necesita calcular un hash SHA-256 del mismo. La dificultad de esta tarea es enorme y compleja, ya que se necesitan realizar cerca de 100 trillones de cálculos por segundo durante 10 minutos para conseguir el hash correcto (Maldonado, J. 2020).

Este proceso de cálculo también se usa para verificar las transacciones que se hacen en la red, por ejemplo, en los llamados contratos inteligentes. Ésta, es otra área donde se usan las funciones hash para potenciar distintas aplicaciones, las cuales, son manejadas por un contrato público entre dos partes. Sin embargo, algunos datos pueden ser sensibles o simplemente es demasiada información para ser almacenada, de esta manera, todo el contrato es público pero la información que se requiere mantener privada no es publicada (bit2me ACADEMY, 2020).

En la figura 1.5 se muestra un ejemplo de una serie de bloques con su clave hash SHA-256.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 1.5 Ejemplo de una serie de bloques con su clave hash SHA-256.

Las funciones hash son deterministas, esto significa que, para un mismo texto, o entrada de datos, siempre se obtendrá el mismo hash de salida. Y son irreversibles, es decir, nunca a partir de un hash se podrá obtener el texto original. Esto hace que sean seguros.

2. Impacto, beneficios y áreas de aplicación en la cadena de suministro

Dada la naturaleza de blockchain, esta tecnología ofrece una gran gama de aplicaciones para empresas de diferentes industrias, por ejemplo: en la gestión de las cadenas de suministro, la gestión de inventarios, las finanzas, la atención médica, votaciones, etc.

Cada vez más empresas están adoptando la tecnología blockchain debido a que ofrece seguridad, velocidad y transparencia en las transacciones. Los pronósticos realizados por Statista⁴ indican que la implementación global de la tecnología blockchain experimentará un crecimiento masivo en los próximos años y se espera que el mercado supere los 23,300 millones de dólares en el 2023 (Traxalt, 2020).

Sin embargo, en México, el estudio “Eficiencia en la Cadena de Suministro” identificó que un 68% de las empresas aún no implementan un proyecto enfocado en blockchain, mientras que el 24% ya lo ha hecho, pero aún observan mejoras por aplicar, y apenas un 8% se encuentra satisfecho por sus proyectos desarrollados (Duarte, E., 2019). La principal razón para adoptar esta tecnología es porque permite la optimización y automatización de procesos y con ello, el ahorro de costos.

Las PYMEs y los startups también se pueden beneficiar de la tecnología blockchain en sus operaciones diarias. A través de la automatización de sus operaciones puede ayudar a reducir costos operativos al eliminar intermediarios y personal innecesario, ahorrando así, recursos humanos y por lo tanto dinero (Traxalt, 2020).

Blockchain se puede implementar para ofrecer a las PYMEs acceso a las mismas herramientas financieras que usan las grandes empresas, además, esta tecnología puede desbloquear el acceso al capital para las pequeñas y medianas empresas (Haig, S., 2020).

2.1 Blockchain aplicado en la cadena de suministro

La cadena de suministro está conformada por diferentes empresas, en ella intervienen diferentes actores, tanto públicos como privados, estas diferentes entidades requieren intercambiar información a fin de lograr una adecuada coordinación en sus diversas operaciones. La eficiencia de las cadenas de

⁴ Statista: Portal de estadísticas de estudios de mercado y encuestas de opinión a nivel mundial.

suministro depende en gran medida de la transferencia ágil y segura de datos verificados; en las actividades logísticas no existe lugar para el error, un dato erróneo puede ocasionar la detención de un embarque en aduana, una devolución por parte del cliente, un retraso en la producción, etc.

Por estas razones la transferencia correcta de información se ha vuelto muy importante en el ámbito logístico, y cuando diversas empresas están involucradas en la operación, la comunicación se vuelve vital, por lo cual, una plataforma tecnológica en común que ofrezca seguridad en la comunicación, representa muchas ventajas.

En este sentido, la tecnología de blockchain evita intermediarios y permite el intercambio de información en un ambiente seguro, es decir, realizar operaciones rápidas y confiables, las cuales pueden ser: colocación de órdenes de compra, transferencia de pagos y rastreo de mercancías, entre otras.

2.1.1 Relevancia de la información en la cadena de suministro

En una cadena de suministro el flujo de mercancías es bastante claro y fácil de conceptualizar. Sin embargo, a lo largo de la cadena de suministro hay flujos que no resultan tan evidentes, pero que son críticos, este es el caso del flujo de información el cual no solo avanza en una dirección, ya que la retroalimentación dentro de la cadena de suministro es muy importante para la planeación de la producción y la distribución de mercancías.

El uso de la tecnología blockchain facilita y asegura la disponibilidad de información necesaria para la identificación y validación de mercancías reduciendo el uso de documentación impresa. Adicionalmente, facilita el intercambio de información necesario para labores de planificación, por ejemplo: la estimación de la demanda para un periodo determinado, dependerá de obtener información sobre los patrones de consumo en los eslabones finales de la cadena.

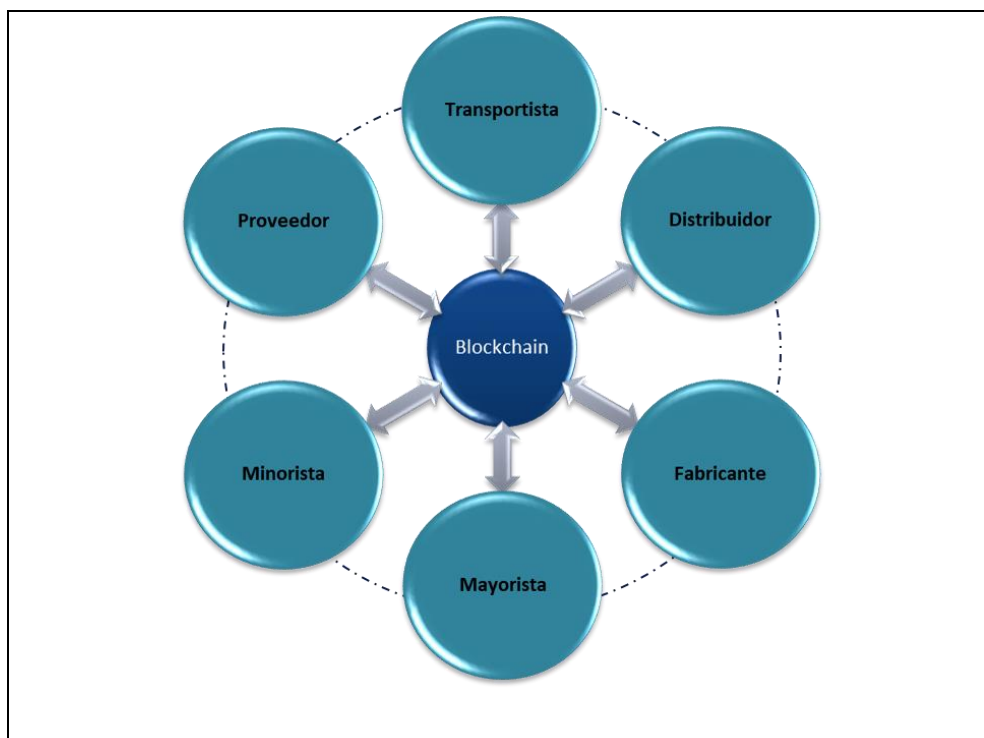
Por otro lado, la transferencia de datos sin intermediarios reduce la probabilidad de errores en la información, este tema se vuelve crítico cuando nos referimos a las especificaciones de los insumos que requieren ser comunicados de manera precisa a los proveedores, y compartir la información necesaria de manera oportuna para que ellos puedan responder a nuestros requerimientos en tiempo y forma.

Una de las principales ventajas en manejo de información que proveen las nuevas tecnologías son el seguimiento a través de códigos ya sea por RFID para el rastreo y fácil identificación, y el código QR que proporciona la información relacionada con un producto determinado.

2.1.2 Blockchain como facilitador de transferencia de la información

La facilidad que presenta blockchain para registrar lo que pasa en cada etapa de la operación logística, permite disponer de información verificable y facilita la colaboración eficiente entre los diferentes agentes que integran la Cadena de Suministro. Como se puede ver en la figura 2.1, cada actor puede ingresar y consultar información; la información ingresada se convierte en un bloque inalterable que se agrega a la cadena de bloques, y solo puede ser consultado por el resto de los socios, ya que esta información está encriptada, proporcionando un alto nivel de seguridad ante fugas de información.

El flujo de información transparenta las operaciones logísticas, permitiendo el seguimiento de la mercancía en el trayecto incluso por parte del cliente, la misma tecnología blockchain puede agilizar la transferencia de recursos, ya que el cliente puede verificar que la mercancía ha sido recibida de manera correcta en la ubicación señalada y este puede liberar el pago al momento.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 2.1 Comunicación blockchain en la cadena de suministro.

Este abanico de posibilidades que ofrece blockchain es ampliamente aprovechado en diversas áreas de la cadena de suministro, como se describen a continuación.

2.1.3 Principales beneficios del uso de blockchain

- **Reducción del manejo de documentación física:** Eliminar el uso de documentos impresos tiene dos beneficios principales que son la reducción de costos para empresa y el beneficio para el medio ambiente al reducir el consumo de papel ya que la industria de fabricación de papel tiene efectos adversos para el medio ambiente, como la explotación forestal y el elevado consumo de agua.
- **Reducción de errores:** Los datos son ingresados por la fuente de información original y son validados al momento, lo que reduce el número de intermediarios y esta información no puede modificarse por los demás colaboradores, por lo tanto, el margen de error es mínimo, a la vez que es más seguro contra fraudes, ya que es posible detectar si alguien pretende alterar algún código.
- **Optimización:** La tecnología blockchain permite una mejor utilización de recursos y evita pérdidas, ya sea por robo o daño.
- **Confianza:** Uno de los principales problemas en la cadena de suministro es la confianza entre los socios, las empresas deben verificar la información de sus contrapartes, y llevar a cabo largos procesos para la firma de contratos. Blockchain permite que las empresas puedan conocer la reputación de una empresa de acuerdo a las calificaciones de sus socios, también permite la facilidad para generar contratos virtuales y brinda una mayor seguridad en la transferencia de recursos.
- **Trazabilidad:** Esta tecnología permite crear una huella digital inalterable para cada lote, y esta información puede estar disponible para todos los actores que intervienen en la cadena de suministro. Esta huella digital tiene una importante aplicación en la trazabilidad de productos que, por su naturaleza, necesitan ser fácilmente rastreables en caso de presentarse un caso de contaminación que pudiera poner riesgo vidas humanas, como pueden ser productos alimenticios o medicamentos.

2.1.4 Áreas de aplicación en las cadenas de suministro

En la cadena de suministro, blockchain puede mejorar significativamente la eficiencia de un gran número de operaciones, pero las principales áreas donde se ha encontrado su máximo aprovechamiento son:

Compras:

Una de las principales problemáticas de compras es que la búsqueda de proveedores puede estar afectada por intereses de terceros, ya sea por negligencia o por conveniencia de quien realiza las compras, la selección de proveedores no siempre es acorde a los intereses de la empresa, no hay manera de asegurar que los proveedores con quienes se trabaja son la mejor alternativa en calidad y precio.

El blockchain ofrece una plataforma común en la que fabricantes y proveedores convergen sin la necesidad de intermediarios, la identificación de posibles proveedores se vuelve más clara, las empresas pueden conocer de antemano la reputación del posible socio, con base en las calificaciones de sus clientes y proveedores, brindando una mayor confianza. Adicionalmente, la posibilidad de celebrar contratos de manera virtual agiliza en gran medida las operaciones.

Otra ventaja importante en el área de compras es la transferencia de información directamente entre los sistemas de información del cliente y del proveedor, evitando errores, alteraciones y posibles fraudes.

Almacén y embarques:

En el área de almacén y embarques es muy importante tener la información correcta y a la mano, blockchain evita errores y devolución de mercancías, adicionalmente, facilita el uso de tecnologías de picking o preparación de pedidos. Incluso es posible que los clientes puedan conocer las existencias de los almacenes de sus proveedores para realizar sus pedidos.

Transporte:

El transporte es una de las primeras áreas donde es la aplicación de blockchain demostró sus ventajas, ya que durante el traslado de una carga existen varios actores que están involucrados y necesitan conocer en tiempo real datos como la ubicación de la mercancía, tener acceso a los documentos como carta de porte, lista de embarque, pedimentos, certificados de origen, permisos etc.

Toda esta información puede estar disponible para los diferentes interesados de manera segura y sin riesgo de que esta pueda ser interceptada por terceros para hacer mal uso de ella, o que pueda ser alterada.

También es posible dar seguimiento al vehículo en cuanto a su localización, velocidad y estado general de la unidad. Así como monitorear la carga en cuanto a temperatura, atmósfera controlada, vibraciones, etc.

Esta información permite identificar problemas de manera oportuna y tomar decisiones adecuadas.

Planeación de la producción:

Como se señala al inicio del capítulo, la información en la cadena de suministro fluye en ambas direcciones, durante los últimos años, la posibilidad de recabar información de los distribuidores y minoristas, han permitido al sector productivo conocer mejor a sus clientes finales y perfilar de manera más exacta lo que los clientes esperan de ellos.

Otra forma de ajustarse a la demanda de los clientes es a través de la elaboración de pronósticos colaborativos en la cual distribuidores, mayoristas y minoristas comparten sus estimaciones de ventas y de esta manera el pronóstico resulta más exacto que una estimación proveniente solo por parte del fabricante.

Como se puede ver, blockchain es una tecnología que transparenta la información y brinda una mayor confianza entre los diferentes eslabones de la cadena de suministro, ya que, si uno de los socios incumpliera los compromisos pactados, esto afectaría inmediatamente su calificación e imagen dentro del sector.

Blockchain ha empezado a figurar en las grandes cadenas de suministro, no obstante, su aplicación no está limitada a las grandes empresas transnacionales, sus ventajas también pueden aportar grandes beneficios a las pequeñas y medianas empresas.

3. Industrias y sectores ideales para la implementación de blockchain

Los registros digitales de transacciones pueden programarse para sentar prácticamente todo lo que tenga valor e importancia para la humanidad, entre ellos, las finanzas comerciales, registros médicos electrónicos, el origen de los alimentos y cualquier otra cosa que pueda codificarse (Tapscott, Salmerón, 2017). Aunque podría llevar algunos años más para que la tecnología blockchain sea implementada en más empresas e industrias, ya está demostrado cómo puede mejorar varios sistemas y procesos que eran ineficientes y costosos. En un futuro, esta tecnología logrará extender sus aplicaciones y usos en áreas que no eran imaginables.

Se ha observado su mayor potencial en sectores como la industria alimentaria, el financiamiento comercial, el sector automotriz, aeronáutico, salud y el bienestar social. A continuación, se presentan algunas aplicaciones en estos sectores e industrias que usan la tecnología blockchain para solucionar la visibilidad, la protección de datos y la gestión de activos.

3.1 En el sector financiero

Dentro del financiamiento comercial, se ha observado que las pequeñas y medianas empresas son el motor de los mercados emergentes, sin embargo, muchos bancos rechazan las solicitudes de financiamiento de las PYMES debido a la falta de visibilidad de su solvencia económica. Por ello, se han creado redes de blockchain para facilitar el comercio, y con ello reducir el riesgo y los costos operativos, aportando oportunidades a nuevos segmentos de mercado.

Las aplicaciones que más han destacado en esta área son: los pagos internacionales y la identidad digital confiable. En la primera ya es posible liquidar pagos internacionales mediante el intercambio de activos digitales, y en la segunda, existen soluciones que mejoran la privacidad de los servicios para ayudar a los consumidores a gestionar su información de identidad a través de proveedores confiables (Gupta, M. 2019)

Por otro lado, cifras señalan que el 80% de los productos son transportados vía marítima y se estima que el costo máximo de la documentación requerida para ese flujo alcanza la quinta parte del total del valor del transporte físico (Redacción T21, 2018). Sin embargo, con el uso de blockchain, los diferentes participantes podrán enviar, validar y aprobar documentos de forma segura a través de la digitalización de documentos dentro del comercio con el uso de blockchain.

3.2 En el sector salud

La industria de la salud necesita un sistema más eficiente y seguro para la gestión de historiales clínicos y registros médicos. Con blockchain los pacientes podrán acceder a sus datos de salud (historiales, citas, tratamientos, vacunas, etc.) en cualquier momento y compartirlos con quien considere oportuno.

El uso de blockchain sería para muchos expertos, la solución definitiva para mantener por completo la privacidad en los historiales médicos, teniendo así, un instrumento aliado para agilizar el intercambio de documentos entre los proveedores de salud, pacientes y aseguradoras (Elsevier, 2018).

Algunos de los casos de uso dentro del sector farmacéutico que se pueden beneficiar con el uso del blockchain es la producción de medicamentos, la detección de falsificación de fármacos, la gestión de la cadena de frío, y la verificación del control de la temperatura (vacunas), así como garantizar el cumplimiento normativo.

3.3 Aplicación para el bienestar social

Blockchain también ayuda a los desafíos humanitarios más urgentes del mundo. Las personas que realizan trabajos humanitarios y las organizaciones están utilizando tecnología blockchain para remediar problemas como: desigualdad financiera, contaminación, alimentos, seguridad e identidad.

Una de sus aplicaciones está en las donaciones caritativas. Existen plataformas para ello, sin embargo, muchas cobran una tarifa por cada donación, lo que reduce la cantidad que llega a las buenas causas. Actualmente existen plataformas para estos fines, permitiendo que las personas y las organizaciones de beneficencia se conecten entre sí, donen a través de la plataforma, rastreen y gestionen su impacto (Webb, P., 2019).

Otra iniciativa radica en la limpieza de los desechos plásticos a cambio de monedas digitales. “The Plastik Bank” promueve una iniciativa en donde incentiva a los participantes a recolectar residuos de plástico, compensándolos con moneda digital. De esta manera se interrumpe el flujo del plástico desechado al océano y el comercio lo recibe como un material socialmente responsable, que las empresas pueden comprar para usarlo en la elaboración de sus productos. La plataforma blockchain permite rastrear el proceso de reciclaje de plástico de un extremo a otro, desde las cantidades de desechos recolectados, la compensación a los recolectores, la participación de instituciones locales (escuelas, municipios y empresas), hasta la entrega de plástico a las empresas participantes.

3.4 La industria alimentaria

Utilizar la tecnología blockchain en la industria alimentaria ayuda a mejorar la trazabilidad y la calidad de los productos proporcionando información fiable sobre su origen y estado.

La aplicación más relevante en la industria alimentaria es la trazabilidad de los productos. En este sentido, el estándar internacional ISO 22005 especifica que la

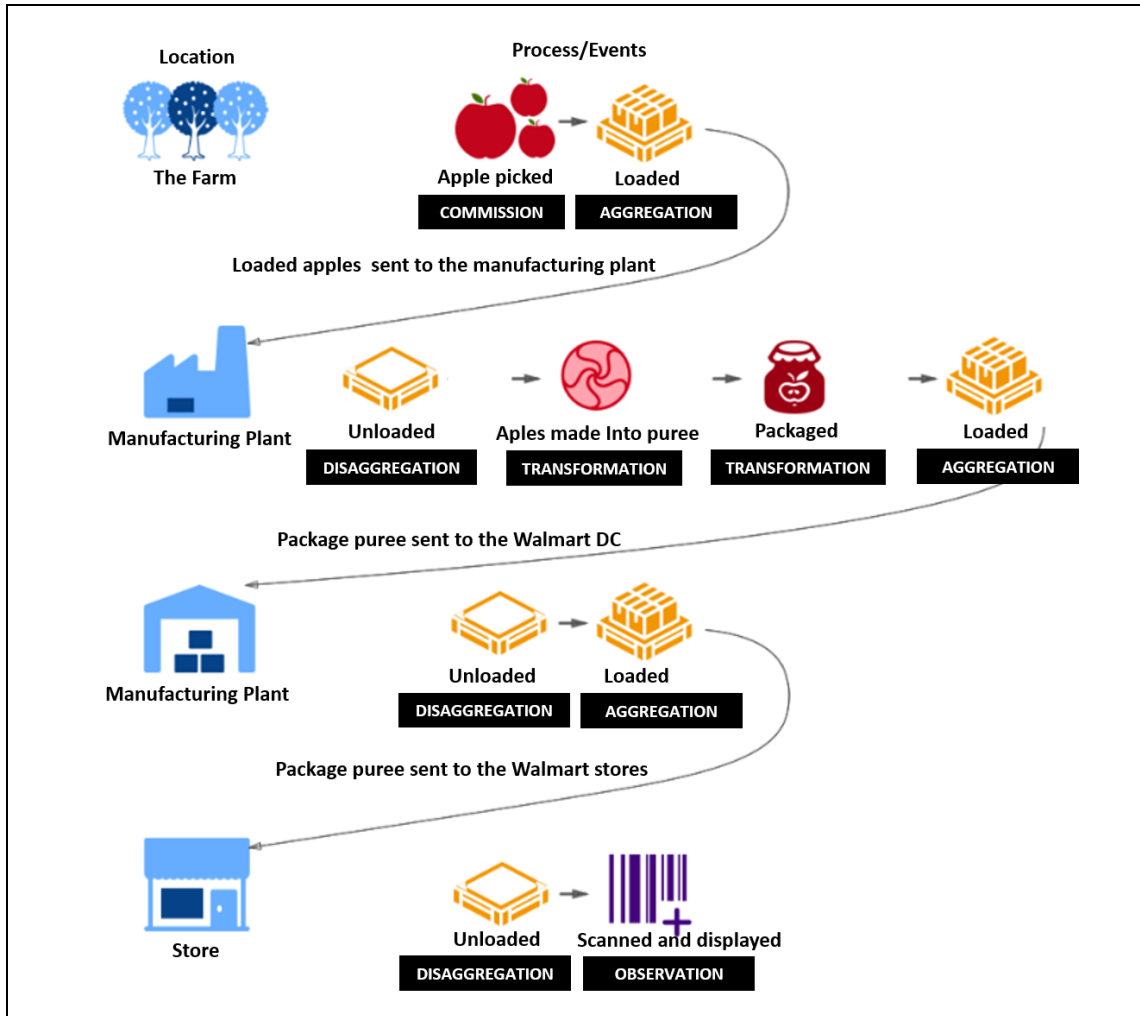
trazabilidad de los productos dentro de las organizaciones debe seguir los principios de: eficacia, coherencia, trazabilidad real, rentabilidad, practicidad, cumplimiento de la legislación, exactitud en cuanto al rango y la integridad de los datos a rastrear. Blockchain es capaz de satisfacer todos estos principios, cumpliendo así con todos sus términos (Ruíz, I., 2019).

Otro aspecto importante de blockchain está en la prevención y la mitigación del fraude alimentario. Aquí la trazabilidad opera para mantener la integridad de un determinado producto, por ejemplo, mantener visibles las características desde su origen hasta su destino.

Blockchain es muy útil para esta industria, todo depende de la utilidad que se le quiera dar. Por ejemplo, la solución “IBM Food Trust” desarrollada por IBM, permite rastrear el historial de un alimento a lo largo de su cadena de suministro. Proporciona pruebas de certificación, datos de temperatura, ayuda a minimizar el desperdicio, mejora la calidad, sostenibilidad y hace que el consumo de los alimentos sea más seguro.

En la figura 3.1 se observa que cada área de la cadena está conectada de manera inmediata y precisa. Con esta solución, se pueden rastrear los activos a través de la transmisión de ciertos eventos⁵ previamente definidos, mismos que ocurren a lo largo de la cadena de suministro.

⁵ Esta solución utiliza un conjunto estándar de eventos como: encargar, desmantelar, transformación, agregación y desagregación (Karthikeyan, M., 2018)



Fuente: GUIDE: INTEGRATING WITH IBM FOOD TRUST™ BLOCKCHAIN.

Figura 3.1. Plataforma IBM Trust en el procesamiento del puré de manzana.

Con un sistema basado en blockchain es posible dejar constancia en tiempo real de cuál es el estado de un producto independientemente de en qué fase de la cadena logística se encuentre y quién lo esté manipulando (Stock logistik, 2020). Así, las reglas comerciales orquestadas por blockchain alertan, por ejemplo, cuando hay alguna variación en la temperatura del producto (Guilda Javaheri, 2019).

3.5 El sector automotriz

La aplicación de blockchain en el sector automotriz ha tenido un gran impacto, particularmente en sus cadenas de suministro, ya que son complejas e involucran una gran variedad de proveedores, por ello resulta ser ideal para el seguimiento de activos, además se han observado otras aplicaciones de gran importancia en este sector.

En este sentido, el fabricante alemán de automóviles BMW, decidió utilizar blockchain para facilitar la rastreabilidad de los componentes de los vehículos en su

cadena internacional de suministro. Al integrar a sus proveedores en una plataforma compartida bajo el protocolo blockchain, BMW espera rastrear el viaje de un componente desde su origen hasta la fábrica, logrando obtener una visión más clara de su cadena de suministro, y con ello tener mejor acceso y control de sus operaciones. Así mismo, planea usar dicha tecnología para rastrear materias primas esenciales, desde las minas hasta las fundidoras (Criptonoticias, 2020).

Blockchain aporta garantía de origen y de calidad para cada una de las piezas de un vehículo. De esta forma, se pueden conocer las piezas de una línea de fabricación, y lo más importante, retirarlas de inmediato en caso de defecto. Además, se puede asignar una identidad digital a cada vehículo para tenerlo localizado, así, el fabricante podrá avisar en un solo día a los vehículos con las piezas defectuosas de una partida. (González, J., 2020)

3.6 El sector aeronáutico

La aportación de blockchain en este sector puede ayudar a las compañías aeroespaciales a reducir los costos de mantenimiento, aumentar la disponibilidad de aeronaves y minimizar los errores en la cadena de suministro de las piezas de los aviones.

Esta tecnología tiene el potencial de ofrecer beneficios a los cientos de proveedores que participan en la fabricación de un solo avión, ayudando a rastrear y proporcionar datos fiables de la configuración de las aeronaves a lo largo de su cadena de suministro. Así con el uso de blockchain se puede conocer en cualquier momento la configuración real de un avión en servicio (Computing, 2018).

En este sentido, ya se están realizando diversos proyectos, por ejemplo, un grupo de corporaciones ligadas al sector del mantenimiento, reparación y revisión de aeronaves, denominada MRO Blockchain Alliance, buscan establecer un consorcio blockchain para autenticar los repuestos y partes de los aviones comerciales, y con ello, llevar un historial de las reparaciones de los equipos y verificar la procedencia de las piezas (Gómez, R., 2020).

4. Elementos tecnológicos de la tecnología blockchain

Más allá de las criptomonedas, el éxito de la tecnología blockchain para generar consenso, funcionar de forma descentralizada y resistir intentos de hackeo con su condición de inmutabilidad, motivó a la comunidad emprendedora a considerarla como una opción atractiva para construir soluciones digitales a nivel gubernamental y empresarial, (Allende, M., Colina, V., 2018).

Es por ello, que cada vez más programadores se están acercando a conocer esta tecnología, sin embargo, aún se cuenta con pocos especialistas en este ámbito, por lo que muchas empresas han decidido contratar servicios con proveedores o consultores que les brinden las herramientas necesarias para la automatización de sus operaciones.

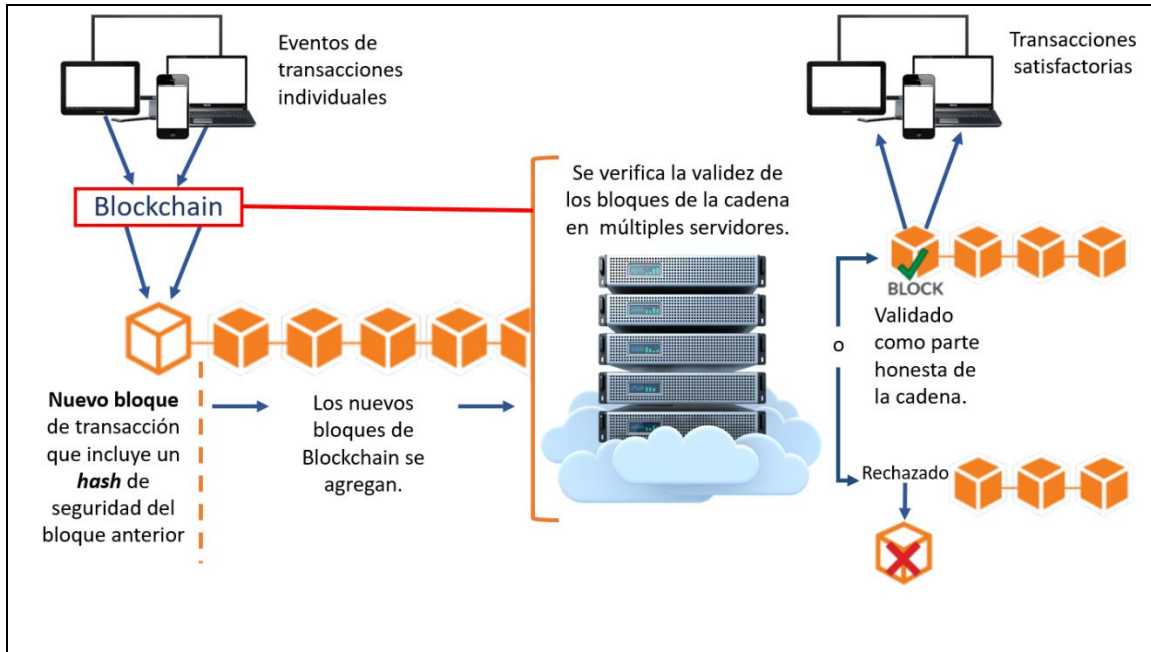
Dependiendo del nivel de experiencia tecnológica que tengan las empresas, es como decidirán abordar e implementar una solución basada en blockchain. En este sentido y con la finalidad de sumar conocimientos tecnológicos al sector empresarial, particularmente a las pequeñas y medianas empresas, a continuación, se describe una referencia de arquitectura de dicha tecnología, los tipos de red blockchain y los participantes involucrados en la red. Además, se mencionan las plataformas informáticas de código abierto, junto con una lista de factores que permiten guiar al usuario al momento de seleccionar un servicio y los pasos para implementar una aplicación.

4.1 Una referencia de arquitectura basada en blockchain

Blockchain no es más que una capa de datos dentro de una aplicación. A través de esa capa se logra la persistencia de los datos. En este sentido, se puede hablar de una API REST (en el lado cliente o servidor) que almacena datos en una o múltiples bases de datos. En la capa de datos y probablemente la más importante están los procedimientos almacenados. Estos procedimientos son funciones que controlan la base de datos y reciben las entradas para ejecutar operaciones con los datos, que en el lenguaje blockchain se llaman contratos inteligentes o smart contracts (Barahona, D., 2018).

En la figura 4.1 se muestra un ejemplo de referencia de una arquitectura basada en blockchain. En esta se observa que una entidad o más realizan una transacción y la comunican a la red. Las entidades de la red, recogen la transacción y la registran en un bloque. Posteriormente, otros grupos validan el bloque (consenso) y se

agrega a los registros validados del bloque original, con ello se forma un libro de contabilidad digital, llamado blockchain.



Fuente: Adaptada de Ladrero., I. (2020).

Figura 4.1 Ejemplo de una arquitectura de referencia de blockchain.

Es importante entender que no existe una sola “cadena de bloques”, igual que no existe una única “nube”, más bien, una blockchain es una red *peer-to-peer* con un libro mayor distribuido que se crea al ejecutar el mismo software en muchos nodos diferentes.

4.2 Tipos de redes blockchain

De acuerdo a IBM existen varias formas de construir una red blockchain, ya sean estas públicas, privadas, autorizadas o construidas por un consorcio. Sus principales diferencias son el modelo de administración, el nivel de descentralización y el grado de transparencia. A continuación, se da una breve descripción de cada una.

- **Redes públicas.** Son aquellas en las que cualquiera puede unirse y participar. Tienen poca privacidad para las transacciones y una seguridad débil. Las redes públicas blockchain también pueden ser autorizadas.
- **Redes privadas.** Esta es una red descentralizada (Peer to Peer), similar a la red pública, la diferencia es que una organización gobierna la red. La organización controla qué participante tiene permiso en la red, quién puede ejecutar un protocolo de consenso o mantener las transacciones compartidas.

- **Redes autorizadas.** En estas redes los participantes deben obtener una invitación o permiso para poder unirse. En general, las empresas que configuren una red privada configurarán una red autorizada de blockchain.
- **Blockchain de consorcio.** En esta red, organizaciones preseleccionadas comparten la responsabilidad de mantener una red blockchain. Éstas determinan quién puede enviar transacciones o acceder a los datos. La red es ideal para los negocios, pues se controla la autorización de los participantes.

4.3 Fiabilidad en la tecnología blockchain

Existen diferentes algoritmos de consenso y no hay una respuesta clara sobre cuál es el mejor. La selección del algoritmo dependerá del tipo de aplicación que se quiera implementar. Por lo tanto, elegir el protocolo de consenso correcto es una decisión clave para un proyecto de blockchain (Ast, F. 2019).

No hay mejores protocolos. Solo hay diferentes herramientas con diferentes características que sirven mejor para unos propósitos (y tipos de blockchain) que para otros. Básicamente se debe lograr el consenso. Esto significa que todos los integrantes de una red deben estar de acuerdo en que una transacción ha ocurrido entre dos miembros de la red en un momento determinado (Zamorano, V., 2018).

4.4 Participantes en la operación de una red

Independientemente del tipo de red que se elija para construir una red blockchain, hay ciertos elementos clave en su funcionamiento (Allende, M., Colina, V., 2018). A continuación se describen estos:

- **Usuarios.** Los participantes son todos aquellos que tienen permisos para unirse a la red y realizar transacciones con otros participantes. Estos pueden ser las compañías que administran la red, entidades auditoras, instituciones financieras, usuarios, etc. Dependiendo del tipo de participante, estos pueden recibir o no una copia de toda la cadena.
- **Regulador.** Es un usuario con permisos especiales para supervisar las transacciones que ocurren dentro de la red.
- **Desarrollador de blockchain.** Son los programadores que desarrollan aplicaciones, contratos inteligentes y habilitan a los usuarios para realizar transacciones en la red.
- **Operador de red.** Son las personas que tienen permisos especiales y autoridad para definir, crear, administrar y monitorear la red. Todas las aplicaciones blockchain tienen un operador de red.
- **Plataformas de procesamiento.** Computadoras que pueden ser usadas para aumentar el procesamiento.

- **Autoridad de certificación.** Persona que emite y gestiona los diferentes tipos de certificados necesarios para ejecutar una cadena de bloques autorizada.
- **Activos.** Un activo digital es cualquier tipo de contenido que haya sido formateado en código binario e incluya el derecho de usar ese activo (Koonce, L., 2016). La forma de entender un activo es pensar que cuando los usuarios hacen una transacción, en muchas ocasiones están transfiriendo algo. Ese “algo” es el activo, y puede ser un documento, un certificado, un informe, un archivo de música, fotos, videos, programas de computadora, etc. Es importante señalar que, por cuestiones de eficiencia, los documentos pesados no se almacenan en el blockchain, si no en bases de datos conectadas al blockchain, lo que permite igualmente registrar sus modificaciones. De esta manera todos los nodos tienen una copia actualizada de la cadena (Allende, M., Colina, V., 2018).
- **Transacciones.** Las transacciones son la forma en la que se registra cualquier modificación en el blockchain. Pueden verse también como las operaciones mediante las cuales los participantes crean, intercambian, modifican o destruyen activos.

4.5 Plataformas informáticas de código abierto basadas en blockchain

En pro de impulsar el uso de software libre, en este apartado se listan las diversas plataformas de código abierto que pueden usarse para promover el crecimiento tecnológico de las pequeñas y medianas empresas, y con ello fortalecer sus operaciones ante las nuevas demandas de tecnológicas.

- **Convector.** Es una suite de código abierto para redes empresariales Blockchain creada y mantenida por WorldSibu. Está compuesto por un grupo de herramientas de desarrollo para Hyperledger Fabric y pretende ser un conjunto de herramientas agnóstico. Convector Suite está dirigida tanto a principiantes como a expertos.

Si no se tiene experiencia en el mundo de la cadena de bloques, Convector propone una forma fácil y rápida de crear código. Para los expertos, es el medio para crear de manera eficiente código escalable y seguro. Convector Suite sigue los paradigmas de codificación modernos y se creó desde cero para ejecutarse en múltiples tecnologías de contabilidad.

- **Etherium.** Es una plataforma global de código abierto para aplicaciones descentralizadas. Ofrece recursos para aprender sus conceptos básicos, así como tutoriales, experimentar con código y herramientas para ayudar a acelerar el de desarrollo.

Ethereum es programable, por lo que puede usarse para muchos activos digitales. Por ejemplo, la EEA (Enterprise Ethereum Alliance) ofrece recursos a los programadores para desarrollar aplicaciones de cadena de bloques empresariales privadas. Con ello ofrece nuevas oportunidades comerciales, y también impulsa su adopción en la industria (Ethereum, 2020).

- **Hyperledger.** Esta es una plataforma de código abierto creada por “The Linux Foundation”. Ofrece herramientas y marcos (proyectos) para desarrolladores y empresas. Útil para crear soluciones a nivel empresarial, o bien, se puede usar para experimentar con redes de blockchain.

De acuerdo a Rodriguez, N. (2019), Hiperledger Core se puede utilizar para la gestión de la cadena de suministro, particularmente porque proporciona autoridad para el rastreo, ofrece procesos basados en la logística y puede identificar rápidamente personal corrupto.

Hiperledger Sawtooth puede ser útil para administrar las cadenas de suministro. Por cada etapa que el producto recorra a lo largo de la cadena de suministro y con el uso de sensores IoT, se puede registrar información en bloques como: su ubicación, temperatura, estatus del producto, fechas, pagos, entre otros factores.

Por otro lado, Hiperledger Fabric es una cadena de bloques de carácter privado y está orientada al uso empresarial gracias a la capacidad de realización de transacciones privadas. Se puede utilizar para el desarrollo de aplicaciones o soluciones con una arquitectura modular. Esta tecnología es muy útil en el ecosistema de suministro de alimentos. Por ejemplo, la empresa Walmart en conjunto con IBM y Digital Asset, crearon un sistema de trazabilidad alimentaria utilizando Hiperledger Fabric (Hyperledger, 2020).

- **Corda.** Es una plataforma blockchain de código abierto creada para empresas. Su código fuente está disponible en GitHub con una licencia de Apache 2. Corda permite a las empresas realizar transacciones directamente y en estricta privacidad mediante contratos inteligentes, lo que reduce los costos de transacciones y mantenimiento de registros, agilizando las operaciones comerciales.

El sitio web de Corda ofrece tutoriales prácticos sobre blockchain y tecnología de contabilidad, programación y los conceptos básicos necesarios para construir una aplicación distribuida (Corda, 2021).

- **ConsenSys Quorum.** Esta plataforma aprovecha la tecnología que ofrece Ethereum para brindarle a las empresas aplicaciones blockchain de alto valor. Dispone de un protocolo de código abierto en el cual se integran los módulos de sus productos de ConsenSys, los cuales se pueden aprovechar por empresas para crear aplicaciones personalizadas de alto rendimiento.

Quorum ofrece dos opciones para su implementación, la primera es una capa de protocolo de código abierto dirigida a desarrolladores, en la cual se puede explorar la solución más adecuada para una empresa. La segunda opción ofrece servicios y productos para satisfacer las demandas empresariales en todas las industrias (Consensys, 2021).

- **Openchain.** Openchain es una tecnología de libro mayor distribuido de código abierto. Es adecuado para organizaciones que desean emitir y administrar activos de una manera robusta y escalable. Openchain funciona a través de un mecanismo de consenso denominado como Partitionned Consensus, en el cual, cada organización controla su instancia y a su vez se tiene la autoridad para validar transacciones y conectarse entre sí. Diferentes transacciones se validan por diferentes autoridades dependiendo de los activos que se intercambien, además, cada emisor de activos tiene control total sobre las transacciones relevantes para ese activo.

Open chain es más eficiente que los sistemas que utilizan prueba de trabajo (Proof of Work) ya que utiliza una arquitectura cliente-servidor que es más eficiente y confiable que una arquitectura “peer to peer”. No hay minero, por lo que las transacciones son validadas directamente por el administrador de activos, y como no hay minero, las transacciones son instantáneas y gratuitas (Coinprism, 2015).

4.6 Blockchain como servicio (BaaS)

Si no se cuenta con la suficiente experiencia para desarrollar una plataforma basada en blockchain, las soluciones basadas en la nube para crear, alojar y utilizar aplicaciones es una buena opción. Este tipo de infraestructura mejor conocida como blockchain como servicio (BaaS⁶) es ofrecida mediante la suscripción con diversos proveedores en el mercado.

BaaS se basa en el modelo de software como servicio (SaaS) y funciona de manera similar. Trabaja como una especie de servidor web, ejecutando la operación de back-end para una aplicación o plataforma basada en blockchain.

⁶ “BAAS (Blockchain As A Service/Blockchain Como Servicio) es un producto único desde donde los consumidores pueden usar las soluciones basadas en la nube para construir, usar y hospedar sus soluciones, funciones y contratos inteligentes de blockchain” (Rodriguez, N., 2019).

Al utilizar un modelo BaaS, los clientes pueden centrarse más en sus áreas centrales y la funcionalidad de su blockchain sin preocuparse por los problemas relacionados con el rendimiento y la infraestructura.

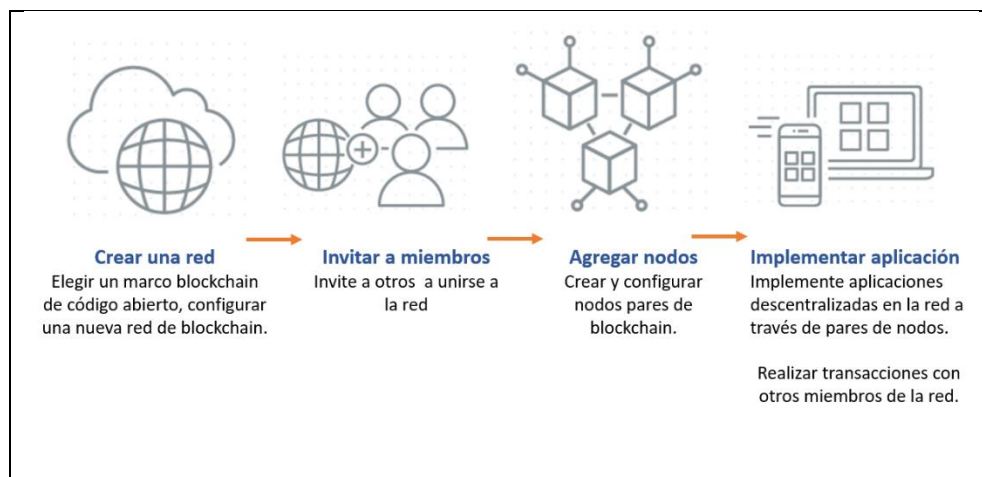
Algunas de las características de este tipo de plataformas son la gestión de la arquitectura de la plataforma, redes e infraestructura modulares y preconfiguradas, flujo de trabajo de configuración sencilla, middleware para monitoreo y desarrollo para la creación de aplicaciones, un panel para ver y analizar el código de cadena y el registro de transacciones auditables.

De acuerdo a TrustRadius las mejores soluciones BaaS para el 2021 son:

- IBM Blockchain Platform
- Oracle Blockchain Cloud
- Hyperledger Fabric
- Kaleido
- Azure Blockchain Service
- Amazon Managed Blockchain

Por ejemplo, empresas como Amazon, ofrece servicios administrados para la creación y administración de redes de blockchain escalables mediante el uso de marcos de código abierto como Hiperledger, Fabric y Ethereum.

El servicio de Amazon Managed Blockchain administra la invitación a nuevos miembros para unirse a la red, realiza seguimiento de las métricas operacionales como el uso de recursos informáticos, de memoria y almacenamiento. Replica una copia inmutable de su actividad de red de cadenas de bloques a una base de datos de libro mayor completamente administrada. En la figura 4.2 se muestra el proceso de este servicio.



Fuente: Amazon Managed Blockchain.

Figura 4.2 Proceso para el uso del servicio Amazon Managed Blockchain.

Así mismo, es importante elegir al proveedor y plataforma que mejor se adapten a las necesidades del negocio. De acuerdo a Hertz, L., (2019), los siguientes factores permitirán decidir y seleccionar un servicio adecuado de cadena de bloques.

- **Integración de contratos inteligentes.** Es necesario un mecanismo de contrato inteligente para integrar la lógica empresarial en una solución blockchain. Los contratos inteligentes no solo incluyen las reglas como los contratos típicos, sino que también imponen sanciones en caso de que alguna de las partes infrinja las reglas.
- **Plataformas IAM (Identity Access Management).** Una red autorizada permite a los usuarios acceder a información o capas específicas. La integración de una plataforma de gestión de identidades hará que la red blockchain sea totalmente segura y podrá otorgar permisos a las personas. La integración de IAM garantiza que solo se comparta lo necesario, para ello se debe seleccionar una plataforma BaaS que ofrezca la administración de acceso a la información.
- **Diferentes tiempos de ejecución y marcos de trabajo.** Si ya se está trabajando en una aplicación de cadena de bloques y se desea cambiar a otra plataforma, es importante encontrar un proveedor que ofrezca versatilidad. Existen proveedores que solo admiten un tipo de implementación de blockchain empresarial, por ello es importante elegir un BaaS que admita una amplia gama de entornos de ejecución y marcos de trabajo.
- **Mecanismos de consenso basados en identidad.** Este tipo de modelos pueden escalar la red y permiten que las empresas integren la tecnología rápidamente, además de operar con identidades autorizadas.

Finalmente, IBM Blockchain (2019) propone los siguientes pasos para implementar una aplicación basada en blockchain.

- Primero, determine cómo blockchain se adapta a su industria.
- Examine sus procesos comerciales en busca de ineficiencias.
- Determine cómo blockchain lo puede ayudar.
- Elija un caso de uso adecuado para lo que está tratando de lograr.
- Determine el objetivo de su red de blockchain.
- Identificación de dependencias con un socio de servicios.
- Elegir un proveedor de plataforma blockchain.
- Desarrollar e implementar contratos inteligentes.
- Pruebe y ajuste su red y aplicación.

5. Casos de éxito, perspectivas, retos y oportunidades

Hoy en día, la transformación digital se ha convertido prácticamente en un factor de supervivencia de los negocios. Las ventajas de las nuevas aplicaciones y servicios que ofrecen las tecnologías de información pueden hacer una gran diferencia en la eficiencia de las operaciones logísticas.

El principal reto para las empresas es conocer las diferentes alternativas y evaluar las características de cada una de estas con el fin de elegir la plataforma más adecuada para la operación de su empresa. No son pocos los ejemplos de empresas que llevan a cabo grandes inversiones en sofisticados sistemas que no son aprovechados de manera adecuada, en algunos casos ni siquiera llegan a ser completamente implementados, cayendo en desuso con el paso del tiempo.

Debido a la relevancia que tiene la selección de tecnologías y sistemas en contribuir al logro de los objetivos, la selección de éstos debe ser un paso vital para la transformación digital de las empresas. Por lo cual uno de los principales retos de las empresas es entender las características, ventajas y desventajas de cada una de las opciones existentes, así como el costo de adquisición, implementación y mantenimiento de dichas tecnologías, a fin de seleccionar la que sea más adecuada para la empresa.

A fin de cuentas, el objetivo de la implementación de tecnologías blockchain en la cadena de suministro es lograr agilidad en los procesos, mantener la seguridad y confiabilidad de la información. Todo esto con el objetivo de lograr procesos más transparentes y confiables, además de una mayor eficiencia logística y, con ello, menores costos.

A pesar de que la implementación de tecnologías de información ha presentado una tendencia moderadamente creciente, se estima que el efecto de la reciente pandemia de Covid-19 propiciará que cada vez más empresas implementen de manera intensiva el uso y aplicación de nuevas tecnologías, pues a raíz de la pandemia se hizo evidente que en algunos casos, aun cuando algunas de estas nuevas tecnologías ya estaban en funcionamiento, no siempre estaban debidamente articuladas en la cadena de suministro.

Actualmente las empresas que vieron cerrados sus puntos de venta, volcaron sus ojos a las ventas a través de internet, algunas de estas empresas no tenían página habilitada para vender y recibir cobros en línea y sus socios en su cadena de suministro no estaban preparados para reaccionar ante esta situación.

Lo que anteriormente implicaba entregar lotes completos en tiendas, ahora requiere de una logística más fina de última milla, con sus respectivos retos de logística inversa y atención directa al consumidor. Este tipo de escenarios son propicios para el desarrollo y crecimiento del blockchain, pues se requiere de una mayor comunicación en tiempo real, confiabilidad y seguridad de la información.

Uno de los factores críticos en el crecimiento del comercio electrónico, el cual implicó para algunas empresas incrementos de hasta el 300%, fue el procesamiento de cobros a través de internet.

Paradójicamente, los primeros en implementar el sistema de cadenas de bloques fueron las instituciones financieras, de tal manera que un individuo puede llevar a cabo una transferencia de fondos a una empresa que tiene cuenta en otro banco y, a través de la tecnología blockchain, estas operaciones son validadas y autorizadas en tiempo real sin requerir de la intervención de terceros.

Este punto puede ser de gran ayuda sobre todo para que las empresas pequeñas y medianas puedan vender sus productos en línea de manera segura y a su vez genere confianza en sus clientes, ya que uno de los principales obstáculos en las compras a pequeñas y medianas empresas, es el temor por parte del cliente hacia el vendedor, sobre todo en aquellos casos que el vendedor no dispone de una plataforma enlazada con las instituciones financieras y pretende operar a través de depósitos directos de sus clientes.

Actualmente muchas tecnologías de cadenas de bloques están disponibles para el uso de las empresas, por lo que es importante que éstas estén familiarizadas con las diferentes opciones y alternativas que existen, a fin de aprovecharlas en su beneficio y volverse más competitivas y rentables.

Por otra parte, este crecimiento acelerado requerirá de contar con estándares internacionales. Ante dicha necesidad, surge una organización que agrupa a las empresas involucradas con el uso del blockchain en la cadena de suministro, conocida como “Alianza del Blockchain en el Transporte” (o BiTA, por su sigla en inglés). Como un primer paso a lograr la creación de estándares universales, BiTa ha publicado un primer manual de estándares. Se espera que este manual vaya adaptándose paulatinamente a las necesidades que se presenten e incluya temas como la cadena de custodia o el mantenimiento de activos.

Los principales retos que enfrentan las empresas para la implementación del blockchain en México, no son pocos, uno de los principales obstáculos que enfrentan las empresas es la inversión financiera requerida para la implementación de dichas tecnologías, por lo cual es importante llevar a cabo un análisis formal de las opciones existentes y seleccionar el conjunto de soluciones tecnológicas que ajusten mejor con el perfil y necesidades de la empresa.

Adicionalmente, al superar el obstáculo de los recursos financieros las empresas se deben enfrentar al factor humano que muchas veces presenta resistencia al cambio; principalmente, para generaciones posteriores a la década de los 80's, operar

nuevas tecnologías puede ser causa de estrés, y por consiguiente, rechazo. Por esta razón la implementación de nuevas tecnologías debe incluir un plan de capacitación a todos los niveles, y debe estar acompañado por campañas de sensibilización para concientizar al personal sobre la importancia y beneficios que el uso de estas tecnologías aportará a la empresa y cómo estas facilitarán su trabajo en su caso en particular, por ejemplo: evitando repetir trabajos por información imprecisa o errónea.

No obstante, a pesar de los grandes retos que presenta la implementación de la tecnología blockchain, se espera que los beneficios que se logren a través de su incorporación a los procesos logísticos, ocasionará que en el mediano y largo plazo crezca su aplicación y que cada vez más empresas estén interesadas en la aplicación de soluciones blockchain en su cadena de suministro.

Como muestra de lo anterior, en el presente capítulo se discuten algunos casos de éxito de empresas que han logrado generar una logística más confiable y con menor número de imprevistos a través del uso de blockchain.

5.1 Casos de éxito

Aunque el término blockchain se hizo popular en 2008 con el surgimiento de las criptomonedas, hoy en día se ha confirmado que la tecnología de blockchain tiene un gran potencial de aplicación en múltiples sectores.

De acuerdo a su aplicación, la tecnología blockchain es segmentada de la siguiente manera:

- Pagos,
- Documentación,
- Intercambios,
- Identidad digital,
- Contratos inteligentes,
- Compensación y liquidación,
- Gestión de almacenamiento de contenido,
- Votación digital,
- Gestión de la cadena de suministro.

De acuerdo con un estudio sobre el uso de la tecnología blockchain, realizado por la consultora Deloitte, el 74% de las empresas ven en blockchain una mejora para el negocio y planean invertir en esta tecnología, mientras que casi la mitad de estas ya cuentan con alguna implementación de blockchain en su negocio (Pastorino, 2018).

Según la estimación realizada por MarketWatch en el año 2018, se pronosticaba que la tecnología blockchain superaría los ingresos de 2,000 millones de dólares para 2022, (MarketWatch, 2018). Sin embargo, esta cifra podría ser superada bajo

el contexto actual, en el que la epidemia de Covid-19 ha impulsado la digitalización de operaciones y transacciones a distancia.

A continuación, se presentan solo algunos casos de éxito, de la inmensa gama de ejemplos de implementación de tecnologías blockchain, de los cuales, para este análisis, se han seleccionado casos que están orientados principalmente a lograr la eficiencia y transparencia de las cadenas de suministro.

5.1.1 Agilización de información y transferencias financieras

Maersk, el conglomerado danés dedicado principalmente al transporte y la energía, en colaboración con la empresa tecnológica y consultora IBM, inició en 2014 un proyecto para facilitar el traslado de productos refrigerados desde África hasta Europa: un proceso que anteriormente requería de la interacción de 30 funcionarios e implicaba la generación de 200 comprobantes; a través del uso de blockchain fueron capaces de agilizar el intercambio de información y la realización de transferencias financieras en tiempo real, reduciendo significativamente los tiempos y costos de operación. (IBM,2019)

Blockchain permite establecer las bases para crear redes de compañías validadas que pueden intercambiar información de manera directa y segura, además de hacer negocios a través de la plataforma blockchain. El uso de esta tecnología permite a las empresas trabajar con otras en un ambiente de confianza dentro de la red, dado que las empresas ya han sido validadas previamente, lo cual genera una mayor confianza entre las compañías, reduciendo costos y aumentando la eficiencia.

Blockchain también facilita la visibilidad y el acceso de información en la cadena de suministro, aporta transparencia en los diferentes niveles incluso en aquellos relacionados con las condiciones laborales y riesgos asociados, el origen de las materias primas, certificaciones y el cumplimiento de la normatividad en materia legal y ambiental, así como temas relacionados con la responsabilidad social de la empresa.

5.1.2 Facilitando el comercio internacional

We.trade es una plataforma de blockchain, que tiene por objetivo crear un entorno comercial transparente, seguro y sencillo para las empresas y los bancos, facilitando las operaciones de comercio internacional e impulsando el crecimiento económico. Ya que se enfoca principalmente en resolver uno de los principales problemas que enfrentan las empresas al realizar negocios con empresas que se encuentran en otros países, este problema es la dificultad para garantizar el cumplimiento de un contrato, tanto por parte de los plazos de entrega como del pago.

Este factor representa una de las principales barreras que enfrentan las empresas chicas y medianas, pues ante un incumplimiento por la contraparte que está en otro país es muy difícil presentar algún reclamo y que éste proceda. Es frecuente la ocurrencia de casos en que empresas venden o adquieren algún equipo o producto

a compañías establecidas en el extranjero, y que alguna de las partes no cumpla con lo pactado, ya sea el pago, las fechas de entrega o garantías comprometidas, dando pie a complicados procesos de reclamo. En el caso de las empresas chicas y medianas, esto puede representar un fuerte golpe para su economía y subsistencia.

We.trade pretende eliminar este tipo de riesgo a través los contratos inteligentes, los cuales garantizan que, si una parte de una transacción cumple los requisitos necesarios, tal como se ha acordado y registrado anteriormente en la blockchain, el proceso de pago se ejecuta automáticamente.

Los contratos inteligentes aseguran que todas las partes reciben desencadenadores instantáneos que demuestran cuál es el nivel de cumplimiento de cada parte y notifican a la otra cuándo es el momento para cumplir su parte del acuerdo por ejemplo enviar el pago.

Los contratos están escritos en el código de la plataforma lo cual elimina la necesidad de tener un mecanismo para hacerlos cumplir o de respaldarlos con un sistema legal.

We.trade también proporciona mayor transparencia y por consiguiente confianza para quienes operan a través de la plataforma, ya que es posible disponer de un lugar único donde es posible visualizar en tiempo real sobre todas las operaciones comerciales por parte de todos los participantes.

5.1.3 Rastreabilidad de productos

Para la empresa estadounidense Kroger, al igual que el resto de las empresas de la industria alimentaria, el tema de trazabilidad es crítico. Ante cualquier eventualidad, es necesario ser capaz de identificar para cada producto su origen y seguir paso a paso su distribución hasta identificar los puntos en los que es comercializado, indicando las fechas en que los productos deben ser retirados porque ya no se encuentran en condiciones óptimas para su consumo.

Gracias a la tecnología blockchain, en caso de ser necesario, es posible identificar de manera segura los productos que puedan ser sospechosos de contaminación o daño.

Para explicar esto de una mejor manera, supongamos una empresa que procesa verduras, las cuales compra a diferentes agricultores, si llegara a presentarse la posibilidad de que los vegetales que la empresa compró a uno de sus proveedores pudieran estar contaminados y provocar afectaciones a la salud, es posible rastrear y regresar solo los productos que contengan los vegetales de ese proveedor específico.

Este seguimiento es posible debido a que la tecnología blockchain, permite tener un identificador único e inalterable para cada lote y darle seguimiento a través de la cadena de suministro.

El costo de las devoluciones es demasiado alto para las empresas, por lo que anteriormente cuando se identificaban situaciones de posible contaminación o lotes defectuosos y era necesario regresar éstos, era muy difícil identificar cuáles de los productos que se encontraban en el mercado correspondían al lote defectuoso. La ética empresarial indicaría que, ante la duda, todos los productos deberían ser devueltos para evitar un daño al consumidor, pero esto implicaba pérdidas enormes que podían llevar a la empresa a la quiebra.

Actualmente, la tecnología blockchain podría implementarse en un gran número de productos críticos como medicamentos o artículos cuyo mal funcionamiento pudiera implicar daño a los consumidores o incluso la pérdida de vidas, permitiendo llevar a cabo un seguimiento estricto, a fin de prevenir daños de manera segura y con un menor impacto económico para la empresa.

5.1.4 Cadenas de suministro éticas

La empresa iPoint ayuda a las empresas a evaluar los impactos ambientales, sociales y económicos de sus productos y procesos relacionados. A través de la recopilación y el análisis de datos. Entre sus principales clientes figuran grandes marcas automotrices. Uno de sus principales retos a enfrentar para evaluar el impacto de la fabricación de un producto es validar su procedencia.

A diferencia del caso anterior, esta validación tiene como finalidad evitar la compra de insumos donde se emplee mano de obra infantil, mano de obra forzada, esclavitud moderna y malas prácticas medioambientales, además de garantizar que dichos insumos no estén relacionados con el financiamiento de guerras.

No pocas empresas de talla internacional han visto afectado su prestigio a raíz de la contratación de empresas maquiladoras que usan prácticas deshonestas. Uno de los mayores escándalos de este tipo fue el derrumbe de un edificio en Bangladesh, el cual cobró la vida a más de 300 personas que trabajaban en condiciones precarias para empresas que fabricaban prendas de vestir de reconocidas firmas internacionales (BBC, 2013).

Este tipo de sucesos trajeron a discusión el tema de la responsabilidad que tienen las empresas en todo el proceso de fabricación de sus productos, es decir, la responsabilidad de las empresas no termina con la subcontratación de un proveedor, ya que a fin de cuentas la empresa debe responder por todos los impactos negativos que generen sus productos.

De unos años a la fecha los consumidores ya son más conscientes al comprar un producto, y están cada vez más interesados en que estos productos que adquieren provengan de un comercio justo, de procesos amigables con el medio ambiente, del empleo legal y salarios justos.

Para estos casos, la tecnología blockchain es capaz de rastrear desde el origen de las materias primas, la información de interés de los proveedores, socios y demás

actores que intervienen en la cadena de suministro hasta llegar al cliente final, garantizando que todos los insumos, procesos y subprocesos están dentro de la legalidad y cumplen con los estándares éticos establecidos.

6. Conclusiones

La tecnología blockchain ha demostrado tener un gran potencial. Prueba de ello son los casos de éxito abordados en este documento. Más allá de las monedas virtuales, resulta conveniente conocer los términos y aplicaciones que envuelven a esta tecnología, donde pequeñas y medianas empresas pueden generar ventajas competitivas al desarrollar soluciones innovadoras a través del uso de blockchain,

Sin lugar a dudas, esta tecnología presenta un gran potencial para las cadenas de suministro internacionales que puede aportar muchas ventajas para competir en mercados globalizados, al punto tal, que en un futuro el uso de esta tecnología puede convertirse en una estrategia competitiva para que las organizaciones se mantengan en el mercado internacional, permitiendo operar en entornos seguros con socios comerciales que se encuentran al otro lado del mundo y agilizando transacciones a través de sus procesos de validación.

Sin embargo, los beneficios de esta tecnología no son exclusivos para las grandes empresas con un alto desarrollo tecnológico, el blockchain puede también brindar respaldo a las pequeñas empresas; desde aquellas interesadas en ampliar sus mercados, aprovechando las plataformas existentes donde convergen en un ambiente seguro compradores y proveedores, hasta aquellas que, a causa de la actual situación sanitaria, requieren incursionar en las ventas en línea y recibir pagos a través de internet.

Desafortunadamente aún se desconocen los beneficios que aporta esta tecnología. Por ello, se espera acercar a las empresas este tipo de documentos, a fin de que más negocios como micro, pequeños y medianos empiecen a aprovechar los desarrollos y plataformas existentes para su beneficio, impulsando de esta manera el crecimiento tecnológico del país.

Una vez que se logren entender los conceptos básicos de esta tecnología y se evalúe la efectividad de su uso actual en el mercado, a través de las preguntas ¿por qué y para qué se necesita blockchain en el negocio? ¿Y qué objetivos se intenta lograr con su implementación? El segundo paso sería comenzar con el desarrollo de aplicaciones piloto (prototipos), las cuales, se sugiere explorar, realizar pruebas en la red y analizar los resultados, para finalmente implementar blockchain en una escala mayor.

Sin embargo, para desarrollar las pruebas piloto, se debe considerar si se cuenta con un equipo técnico que tenga la capacidad de usar las plataformas blockchain, de lo contrario, si apenas se está comenzando con blockchain, la forma más efectiva de avanzar sería usando blockchain como servicio.

Por otro lado, existen diversas ventajas al usar servicios web basados en blockchain, por ejemplo, los servicios son considerados como la opción más rápida, ya que no se tendría que invertir tiempo en el desarrollo de la infraestructura o encontrar un recurso humano más capacitado, sino simplemente comenzar con las plantillas prediseñadas que ofrecen los proveedores tecnológicos, y a partir de ahí, comenzar a personalizar según las necesidades.

Así mismo, se observa que los métodos técnicos en los que se basa la tecnología Blockchain (registro e intercambio de información, desintermediación, autenticación, etc.) están experimentando un cambio considerable a medida que evolucionan conjuntamente los protocolos de bases de datos, gestión de identidad, acceso y transmisión de datos. Por ello, se vuelve a enfatizar el uso de servicios web, incluso si su adopción en aplicaciones a gran escala no sea inmediata, como las que demandan gran velocidad y tecnología IoT (Internet de las Cosas).

Por lo tanto, iniciar la evaluación del uso de formas novedosas para estructurar datos a través de la tecnología Blockchain, puede contribuir a la optimización eficiente y transparente de las operaciones, además de fortalecer el ecosistema de datos para el respaldo de las actividades propias de la organización.

Bibliografía

OECD - International Transport Forum. (2018). Blockchain and Beyond: Encoding 21 Century Transport. Fecha de consulta 20 de junio de 2020. Recuperado en: <https://www.itf-oecd.org/sites/default/files/docs/blockchain-and-beyond-encoding-21st-century-transport.pdf>

IBM Blockchain. 2020. Fecha de consulta 22 de junio de 2020. Recuperado en <https://www.ibm.com/mx-es/blockchain/solutions/food-trust>

IBM Corporation. FOCUS ON SUPPLY CHAIN EFFICIENCIES. IBM Food Trust are trademarks of International Business Machines Corp. 2018. Fecha de consulta 22 de junio de 2020. Recuperado en: <https://www.ibm.com/downloads/cas/LR8VR8YV>

IBM España. Te damos respuestas: IBM Food Trust. 2019. Fecha de consulta 18 de junio de 2020. Recuperado en: <https://www.youtube.com/watch?v=P-5EwIWIFM0>

Karthikeyan. M. Guía: Integración con IBM Food Trust Blockchain. (2018). Fecha de consulta 19 de junio de 2020 Recuperado en: <https://byteally.com/insights/supply-chain/integrating-with-ibm-food-trust-blockchain-guide/>

IBM Blockchain. A taste for collaboration an interview with Guilda Javaheri, Chief Technology Officer Golden State Foods. (2019). Fecha de consulta 22 de junio de 2020. Recuperado en <https://www.ibm.com/downloads/cas/D2L1BJVA>

PlatziLab. Las 5 etapas del Design Thinking. Fecha de consulta 25 de junio de 2020. Recuperado en <https://www.youtube.com/watch?v=YZi7Gb5rK4U>

Korpela, K., Hallikas, J., & Dahlberg, T. (2017, January). Digital supply chain transformation toward blockchain integration. In proceedings of the 50th Hawaii international conference on system sciences.

Apte, S., & Petrovsky, N. (2016). Will blockchain technology revolutionize excipient supply chain management?. *Journal of Excipients and Food Chemicals*, 7(3), 910.

Tian, F. (2016, June). An agri-food supply chain traceability system for China based on RFID & blockchain technology. In 2016 13th international conference on service systems and service management (ICSSSM) (pp. 1-6). IEEE.

Casado-Vara, R., Prieto, J., De la Prieta, F., & Corchado, J. M. (2018). How blockchain improves the supply chain: case study alimentary supply chain. *Procedia computer science*, 134, 393-398.

Wang, Y., Han, J. H., & Beynon-Davies, P. (2019). Understanding blockchain technology for future supply chains: a systematic literature review and research agenda. *Supply Chain Management: An International Journal*.

Treiblmaier, H. (2018). The impact of the blockchain on the supply chain: a theory-based research framework and a call for action. *Supply Chain Management: An International Journal*.

IBM. (2019). *Ayudando a que las compañías comercien de forma fluida con IBM Blockchain*. 17 noviembre 2020, de IBM Sitio web: <https://www.ibm.com/blockchain/co-es/use-cases/success-stories/#section-7>

(2018). *Blockchain, la revolución en la gestión de nuestros datos de salud*. 7 de septiembre 2020, de Elsevier Connect Sitio web: <https://www.elsevier.com/es-es/connect/ehealth/blockchain-aplicaciones-salud>

Rojo, M. (2021). *Blockchain: visión tecnológica*. 8 de septiembre de 2020, de Deloitte Sitio web: <https://n9.cl/fnx7>

Allende, M., & Colina, V. (2018). *Aprende los tres elementos clave de blockchain con este ejemplo práctico*. 9 de septiembre de 2020, De BID Mejorando vidas Sitio web: <https://n9.cl/8wv9>

Frankenfield, J., (2020). *Ethereum*. 9 de septiembre de 2020, De Investopedia Sitio web: <https://www.investopedia.com/terms/e/ethereum.asp>

Escudero, V., (2018). *El Blockchain para impulsar el código abierto y el software libre*. 21 de septiembre de 2020, De Evaluando Software.com Sitio web: <https://www.evaluandosoftware.com/blockchain-impulsar-codigo-abierto-software-libre/>

Rodríguez, N., (2020). *Blockchain para principiantes: guía de inicio*. 10 de septiembre de 2020, De 101 Blockchains Sitio web: <https://n9.cl/sm1e>

Rodríguez, N., (2019). *Los mejores proyectos Blockchain de código abierto*. 11 de septiembre de 2020, De 101 Blockchains Sitio web: <https://n9.cl/k0yw>

IBM. *Arquitectura blockchain para transacciones confiables*. 5 de octubre de 2020, De IBM Sitio web: <https://www.ibm.com/cloud/architecture/architectures/blockchainArchitecture/reference-architecture/>

Ethereum, (2020). *Informe técnico de Ethereum*. 6 de octubre de 2020, De Ethereum Sitio web: <https://ethereum.org/en/whitepaper/>

THE LINUX FOUNDATION PROJECTS, (2020). *Hyperledger*. 7 de octubre de 2020, De The Linux Foundation Projects Sitio web: <https://www.hyperledger.org/>

R3, (2021). *Blockchain para la gestión de la cadena de suministro: casos de uso y aplicaciones*. 8 de octubre de 2020, De R3 Sitio web: <https://www.r3.com/customers/supply-chain/>

IBM. *Tipos de redes blockchain*. 12 de octubre de 2020, De IBM Sitio web: <https://www.ibm.com/mx-es/blockchain/what-is-blockchain>

Zamorano, V., (2020). *Protocolos de consenso para blockchain; PoW, PoS y más*. 13 de octubre de 2020, De BLOCKCHAIN SERVICES Sitio web: <https://n9.cl/xs8na>

CONSENSYS, (2021). *Quorum*. 14 de octubre de 2020, De Consensus Sitio web: <https://consensus.net/quorum/>

Ast, F., (2019). *Entendiendo los protocolos de consenso de blockchain*. 15 de octubre de 2020, De Medium Sitio web: <https://n9.cl/sgk03>

Duarte, E., (2019). *Comunidad portuaria de Veracruz prepara primera prueba de blockchain*. 25 de febrero de 2021, De T21MX Sitio web: <http://t21.com.mx/logistica/2019/07/31/comunidad-portuaria-veracruz-prepara-primer-prueba-blockchain>

Ladrero, I., (2020). *Blockchain: qué es y para qué sirve*. 11 de marzo de 2021, De Baoss Analytics Everywhere Sitio web: <https://www.baoss.es/blockchain-que-es-y-para-que-sirve/>

Rodriguez, N., (2019). *Blockchain Como Servicio – BAAS: Soluciones De Nivel Empresarial*. 13 de abril de 2021, De 101 Blockchains, Sitio web: <https://n9.cl/tarus>



COMUNICACIONES

SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES



Km 12+000 Carretera Estatal 431 "El Colorado Galindo"
Parque Tecnológico San Fandila, Mpio. Pedro Escobedo,
Querétaro, México. C.P. 76703
Tel: +52 (442) 216 97 77 ext. 2610
Fax: +52 (442) 216 9671

publicaciones@imt.mx

<http://www.imt.mx/>