



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA

Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial

ESTUDIO DE LA APLICABILIDAD DE LA TECNOLOGÍA
BLOCKCHAIN EN EL SECTOR INDUSTRIAL
ALIMENTARIO PARA MEJORAR LA TRAZABILIDAD

Trabajo Fin de Grado

Grado en Ingeniería en Tecnologías Industriales

AUTOR/A: Pérez Pérez, Javier Ricardo

Tutor/a: Bernabeu Soler, Enrique Jorge

CURSO ACADÉMICO: 2021/2022



UNIVERSITAT
POLITÈCNICA
DE VALÈNCIA



ESCUOLA TÉCNICA
SUPERIOR INGENIERÍA
INDUSTRIAL VALENCIA

Curso Académico:

AGRADECIMIENTOS

“Quiero aprovechar esta ocasión para agradecer el apoyo incondicional de mi familia tanto de mis padres como de mi hermano, quienes me han ayudado a superar todos los momentos difíciles con su apoyo, afecto y confianza en mí y a conseguir los objetivos marcados.”

“A mis amigos y compañeros de clase de la universidad, por haber tenido la suerte de poder conocer a gente tan increíble que siempre han estado ahí cuando les he necesitado.”

Por último, agradecer a Enrique Bernabéu por su ayuda mostrada durante estos meses en la preparación y elaboración del trabajo, que a pesar de todos los contratiempos siempre estuvo ahí para guiarme cuando lo necesitaba.”

RESUMEN

En el presente proyecto se realizará una propuesta de implementación de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario.

En primer lugar, se hará un estudio de la trazabilidad y transparencia de los alimentos en la industria. Una vez obtenida esta información, se procederá al análisis y planteamiento de soluciones para llevar a cabo la implementación de la tecnología Blockchain.

Luego de tener las diferentes posibilidades en cuanto a software se escogerá la solución más optima que cumpla con los requisitos tanto técnicos como económicos de ahorro.

Palabras clave: tecnología Blockchain, energías trazabilidad, transparencia, optimización, descentralización, tecnología innovadora, confianza, innovación.

RESUM:

En el present projecte es realitzarà una proposta d' implementació de la tecnologia Blockchain en el sector industrial alimentari.

En primer lloc, es farà un estudi de la traçabilitat i transparència dels aliments en la indústria. Un cop obtinguda aquesta informació, es procedirà a l' anàlisi i plantejament de solucions per dur a terme la implementació de la tecnologia Blockchain.

Després de tenir les diferents possibilitats quant a programari s' escollirà la solució més optima que compleixi amb els requisits tant tècnics com econòmics d' estalvi.

Paraules clau: tecnologia Blockchain, energies traçabilitat, transparència, optimització, descentralització, tecnologia innovadora, confiança, innovació.

ABSTRACT:

In this project, a proposal for the implementation of Blockchain technology in the food industrial sector will be made.

First, there will be a study of the traceability and transparency of food in the industry. Once this information is obtained, we will proceed to the analysis and proposal of solutions to carry out the implementation of Blockchain technology.

After having the different possibilities in terms of software, the most optimal solution that meets the technical and economic requirements of savings will be chosen.

Keywords: Blockchain technology, traceability energies, transparency, optimization, decentralization, innovative technology, trust, innovation.

ÍNDICE

ÍNDICE DE LA MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	9
1.1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO	9
1.2. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN	9
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO	11
2.1. BLOCKCHAIN	11
2.1.1. Blockchain y la criptomoneda Bitcoin	11
2.1.2. Qué es la tecnología Blockchain	14
2.1.3 Evolución de la Blockchain	14
2.1.4. Elementos de la Blockchain	16
2.1.5. Cómo trabaja la Blockchain	22
2.1.6. Ventajas de la Blockchain	24
2.1.7. Tipos de Blockchain	24
2.2. CADENA DE SUMINISTRO	26
2.2.1. Principales actores que forman parte de una cadena de suministro	27
2.3. TRAZABILIDAD EN EL SECTOR ALIMENTARIO	30
2.4. BLOCKCHAIN EN LA CADENA DE SUMINISTROS	30
2.5. PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO BLOCKCHAIN APLICADO A LA CADENA DE SUMINISTROS	31
2.6. CASOS DE ÉXITO REALES DE IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN EN LA CADENA DE SUMINISTROS	32
Walmart:	32
Honeysuckle White:	33
Bumble Bee:	34
CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA	38
3.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA	38
3.2. PROBLEMÁTICAS EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO	38
3.3. ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD	39
CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN	41
CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN	43

HYPERLEDGER FABRIC	43
5.1. ALTERNATIVAS DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN	44
5.2. ESCALABILIDAD Y PRIVACIDAD DE LAS APLICACIONES BLOCKCHAIN	44
5.3. GRADO DE ACEPTACIÓN DE LAS PARTES INTERESADAS	44
CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES	46
CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA	48
ILUSTRACIONES	50

ÍNDICE DEL PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1. PRESUPUESTOS PARCIALES	52
1.1. PROGRAMAS EMPLEADOS	52
1.2. ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA	52
1.3. GENERACIÓN DE LA METODOLOGÍA A SEGUIR	52
1.4. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE LA INDUSTRIA	53
1.5. ESTUDIO DE LOS RECURSOS DISPONIBLES DE LA INDUSTRIA	53
1.6. TECNOLOGÍA EMPLEADA	53
1.7. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA	54
CAPÍTULO 2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO	55
2.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	55
2.2. PRESUPUESTO TOTAL	55

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2.1: Cómo funciona una transacción con Bitcoin.....	13
Ilustración 2.2: Vinculación de bloques.....	14
Ilustración 2.3: Historia de la tecnología Blockchain.....	15
Ilustración 2.4: Aplicaciones reales de la tecnología Blockchain	16
Ilustración 2.5: Qué es el minado de Bitcoin.....	20
Ilustración 2.6: Como funciona la Blockchain	23
Ilustración 2.7. Principales actores de la cadena de suministro	26
Ilustración 2.8: Tipos de trazabilidad	30
Ilustración 2.9: Diferencias de tiempo gracias a la tecnología Blockchain.....	32
Ilustración 2.10: Honeysuckle Turkey	33
Ilustración 2.11: Introducción de código para ver información del pavo	34
Ilustración 2.12: Web para trazabilidad Bumble Bee.....	35
Ilustración 2.13: Resultados trazabilidad Bumble Bee	36
Ilustración 2.14: Ejemplos casos reales de uso de la tecnología Blockchain	37

MEMORIA

CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO DEL DOCUMENTO

El objetivo principal que se marca en este Trabajo de Fin de Grado es diseñar una propuesta tecnológica que sea capaz de disminuir las pérdidas que sufre el sector alimentario a nivel mundial.

Para ello se buscará conseguir reducir los errores de las tecnologías que se utilizan hoy en día, aumentando por consiguiente la fiabilidad, seguridad y rendimiento de las producciones. Por tanto, se van a introducir una serie de restricciones tanto técnicas como económicas que motiven el uso de esta nueva tecnología.

Para esto, habrá que realizar un estudio a fondo de las necesidades de la industria, así como de los recursos que se tienen disponibles. Una vez obtenido lo anterior, se procederá a la introducción de la tecnología a utilizar y se procederá al análisis de sus posibilidades y atributos diferenciales.

1.2. MOTIVACIÓN Y JUSTIFICACIÓN

La motivación fundamental de este proyecto es la realización de un Trabajo de Fin de Grado para poder conseguir el título universitario en Ingeniería en Tecnologías Industriales.

También es cierto que se seleccionó este proyecto para adquirir el máximo conocimiento posible relacionado con la tecnología Blockchain y la mejora de procesos ya que durante el grado no se ha tenido la oportunidad de profundizar en ciertos aspectos y en lo personal, es una temática la cual me ha cautivado desde que la descubrí hace un par de años.

Como es sabido, la tecnología Blockchain está comenzando a constituir una solución fundamental para la industria alimentaria debido a su seguridad, sustituyendo a otras tecnologías que utilizan métodos menos eficaces para la gestión y trazabilidad de los alimentos y que provocan grandes pérdidas económicas y enfermedades en los consumidores.

Uno de los puntos más importantes dentro de la cadena de suministros es la transparencia al momento de ingresar los registros de la información de cada etapa del proceso ya que se genera inconsistencias en la documentación almacenada; ya que la transparencia influye directamente sobre el control de la trazabilidad teniendo alteraciones en los registros de los productos a lo largo de todo el sistema que lo conforma.

Esta tecnología disruptiva trabaja como una red descentralizada, lo que permite la vinculación de diferentes empresas entre sí, ofreciendo un alto nivel de comunicación y de confianza entre los participantes con el fin de realizar transacciones de forma más eficiente que otorguen mayor seguridad en la información de los procesos de producción de los productos.

Se ha visto que la tecnología Blockchain puede aportar mucho dentro de las cadenas de suministros al ser una tecnología que se basa en la descentralización de la información y protección de los datos lo cual resulta muy conveniente para mejorar los actuales sistemas de las cadenas de suministro.

Es por ello que se ha elegido realizar la presente investigación para proteger la información utilizada en cada etapa de los procesos y de esta forma, obtener diferentes beneficios como son la reducción

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

de costes, interoperabilidad de datos, acuerdos digitales y comparación de documentos, todo de una forma descentralizada y confiable.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. BLOCKCHAIN

La tecnología Blockchain generalmente es asociada con las criptomonedas y en especial el Bitcoin, pero en realidad es mucho más que eso. Sin esta tecnología no habría sido posible el desarrollo de ninguna criptomoneda.

La primera vez que se mencionó el término Blockchain fue en el año 1991, por Stuart Haber y W. Scott Stornetta. Su primer trabajo estaba relacionado con la creación de una cadena de bloques asegurada criptográficamente donde nadie pudiese alterar las marcas de tiempo de los documentos. A pesar de esto, no fue hasta 2008 que esta tecnología comenzó a hacerse popular con la llegada del Bitcoin.

Actualmente, debido al auge de esta tecnología, su implementación está siendo demandada en diversas aplicaciones comerciales y se proyecta un crecimiento del producto interno bruto (PIB) mundial en 1,7 billones de dólares para el año 2030. Este crecimiento tendría un gran impacto en diversos sectores, como el de la salud, las instituciones financieras, el sector de la logística y será clave en el proceso de digitalización y transformación de la economía [1].

En el artículo publicado por Noticias Bancarias, el año 2025 podría ser un punto de inflexión para la tecnología a partir del cual se comenzaría a mostrar realmente los síntomas de la adopción masiva y emplearse a gran escala [1].

Blockchain o cadena de bloques, es una base de datos distribuida la cual es compartida entre los nodos de una red computacional. Como base de datos, una blockchain almacena información electrónicamente en formato digital [2]. Está diseñada para impedir la manipulación y modificación de la información una vez que un dato se ha publicado mediante el sellado de tiempo confiable y el enlace del bloque actual con el anterior. Básicamente es un libro digital inmutable que almacena y registra todas las transacciones que se realizan en la red con total seguridad gracias a la criptografía utilizada. Blockchain al ser un sistema completamente descentralizado posee una serie de características que lo convierten en un sistema robusto en término de escalabilidad y seguridad.

2.1.1. Blockchain y la criptomoneda Bitcoin

Bitcoin fue la primera criptomoneda creada en el año 2008 con el pseudónimo de Satoshi Nakamoto. Muy poco se conoce sobre Nakamoto ya que se piensa que podría tratarse de una persona o bien un grupo de personas que trabajaron para la creación del Bitcoin. Todas las transacciones que se realizan en la red de Bitcoin son sin intermediarios. Al ser una criptomoneda, Bitcoin es una moneda digital por lo que no se puede usar físicamente. Es totalmente descentralizada por lo que no está controlada por ninguna entidad bancaria ni gobierno.

Funcionamiento de la criptomoneda Bitcoin

El Bitcoin puede ser utilizado para realizar compras de forma anónima. Por otra parte, los pagos internacionales son más fáciles y económicos ya que no existe ninguna vinculación con ningún país por lo que no está sujeto a regulaciones. Es por esto que los pequeños comercios se pueden ver atraídos ya que no tendrían que pagar por los cobros con tarjetas de crédito.

Pongamos que un usuario "A" de la blockchain de Bitcoin quiere enviar una cantidad X de criptomonedas (Bitcoin en este caso) a otro usuario "B" de la misma red. Ambos usuarios tienen que hacer uso del software correspondiente para acceder de forma correcta a la red de Bitcoin en específico. Luego tienen que obtener sus respectivas claves criptográficas que utilizarán para firmar y descifrar los mensajes enviados por la red (A firma el mensaje que luego B descifrará). A continuación, se presenta una infografía donde ejemplifica con total detalle el funcionamiento de una transacción en la red de Bitcoin con todos los pasos implicados.

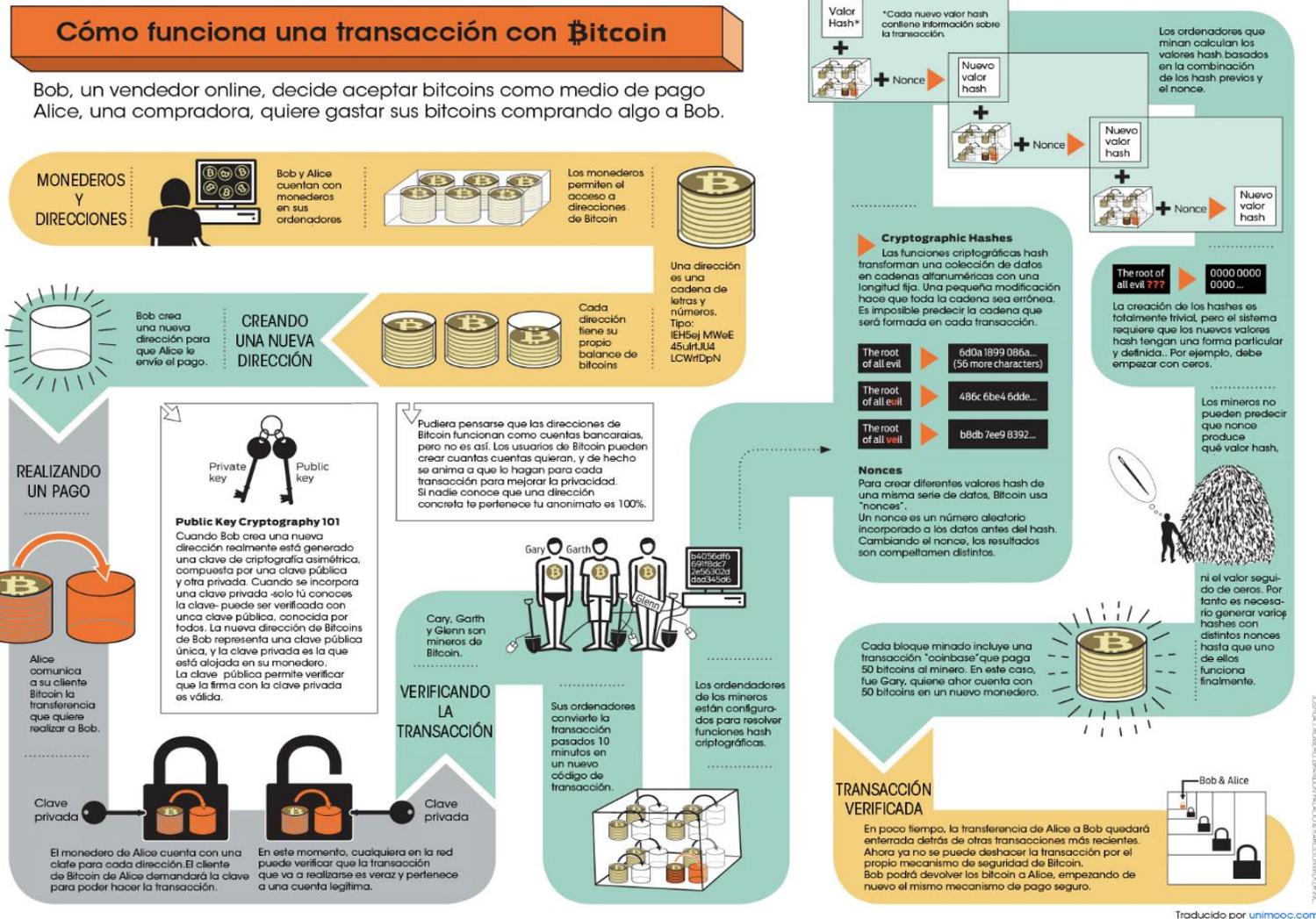


Ilustración 2.1: Cómo funciona una transacción con Bitcoin

2.1.2. Qué es la tecnología Blockchain

Las blockchains son mayormente conocidas por su rol crucial en los sistemas de las criptomonedas, como el Bitcoin, ya que mantiene un registro seguro y descentralizado de todas las transacciones. La mayor innovación de una blockchain es que garantiza la fidelidad y seguridad de un registro de datos y genera confianza sin necesidad de incluir a un tercero de confianza a través del algoritmo de consenso Proof of Work el cual comentaremos más adelante.

La tecnología Blockchain, como primera utilidad, ofrece un registro para transacciones de valor, ya sea con Bitcoin u otra criptomoneda en otra blockchain, todo esto de forma transparente, segura, e inmutable. Como segunda distinción, es que funciona como una base de datos descentralizada la cual es administrada por sus nodos (ordenadores) que pertenecen a una red peer-to-peer (P2P), de punto a punto.

Los nodos son los ordenadores conectados a la red. Cada nodo posee una copia del libro de registros con el fin de evitar cualquier tratamiento incorrecto de los datos y donde todas las copias son actualizadas y validadas simultáneamente.

Las cadenas de bloques almacenan datos en bloques que luego se vinculan entre sí a través de la criptografía. A medida que entran nuevos datos, se introducen en un nuevo bloque. Una vez que el bloque se llena de datos, se encadena al bloque anterior, lo que hace que los datos se encadenen en orden cronológico. Se pueden almacenar diferentes tipos de información en una cadena de bloques, pero el uso más común hasta ahora ha sido como libro mayor de transacciones. En el caso de Bitcoin, blockchain se utiliza de manera descentralizada para que ninguna persona o grupo tenga el control, todos los usuarios retengan colectivamente el control. Las cadenas de bloques descentralizadas son inmutables, lo que significa que los datos ingresados son irreversibles. Para Bitcoin, esto significa que las transacciones se registran permanentemente y se pueden ver para cualquier persona. Aquí tenemos un ejemplo más visual de cómo se vinculan los bloques:

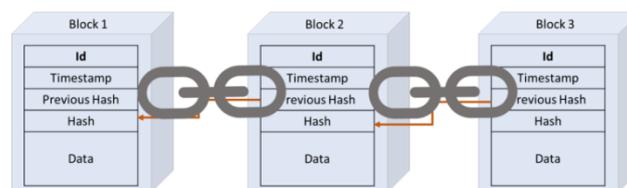


Ilustración 2.2: Vinculación de bloques

2.1.3 Evolución de la Blockchain

La tecnología Blockchain ha marcado un antes y un después a nivel mundial desde que se descubrió por primera vez el Bitcoin a finales de 2008. Lo que en aquel momento apareció de forma repentina y sin previo aviso fue solamente el principio de una revolución industrial, digital y un cambio de paradigma e incalculable valor para toda la sociedad. Gracias a Bitcoin, se hacía realidad la descentralización en todo su esplendor ante todo el mundo, donde muy pocos fueron capaces de reconocer la magnitud real de potencial que había detrás de esta nueva criptomoneda.

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

Blockchain, en los pocos años que lleva desde su nacimiento, ha tenido un progreso muy marcado. Desde los primeros usuarios que se conectaron a la red de Bitcoin, la percepción de la tecnología Blockchain ha evolucionado mucho hasta el punto de ser una tecnología base la cual puede ser aplicada a temas más allá que el Bitcoin. Todo esto fue posible gracias a la creación de una blockchain diferente a Bitcoin la cual se llamó Ethereum [3].

Cada día son más los desarrolladores y trabajadores de las industrias tradicionales que deciden dejar sus actuales puestos de trabajo por el deseo de participar en esta nueva revolución. A continuación, se observa una infografía donde queda ejemplificado a grandes rasgos la evolución de la tecnología Blockchain desde sus inicios:

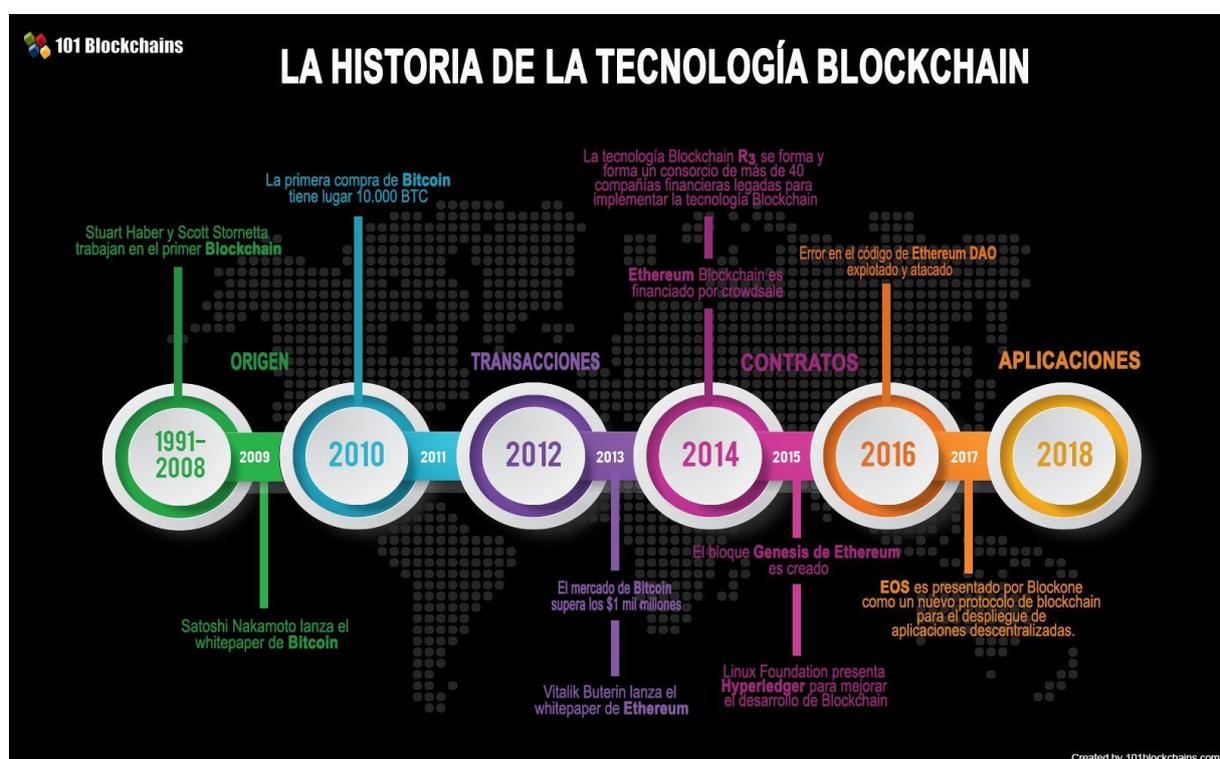


Ilustración 2.3: Historia de la tecnología Blockchain

La tecnología Blockchain hace uso de diferentes conceptos criptográficos como funciones de hash unidireccionales, criptografía asimétrica y sellado de tiempo, todo de forma muy intensa y eficaz [4].

El mecanismo de consenso automático establecido por el algoritmo de la red Blockchain permite eliminar la presencia de una tercera parte de confianza para procesar las transacciones; y los contratos inteligentes les han dado una amplitud a los diferentes campos de aplicaciones de esta tecnología.

Muchas empresas e instituciones a nivel global se han dado cuenta del inmenso potencial que puede llegar a ofrecer la tecnología Blockchain debido a sus características únicas. Hoy en día ya son muchas empresas las que han dado el paso adelante y están comenzando a integrar la tecnología con

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

el fin de mejorar sus procesos. A continuación, se muestran algunas de las aplicaciones que puede tener la tecnología Blockchain en las diferentes industrias:

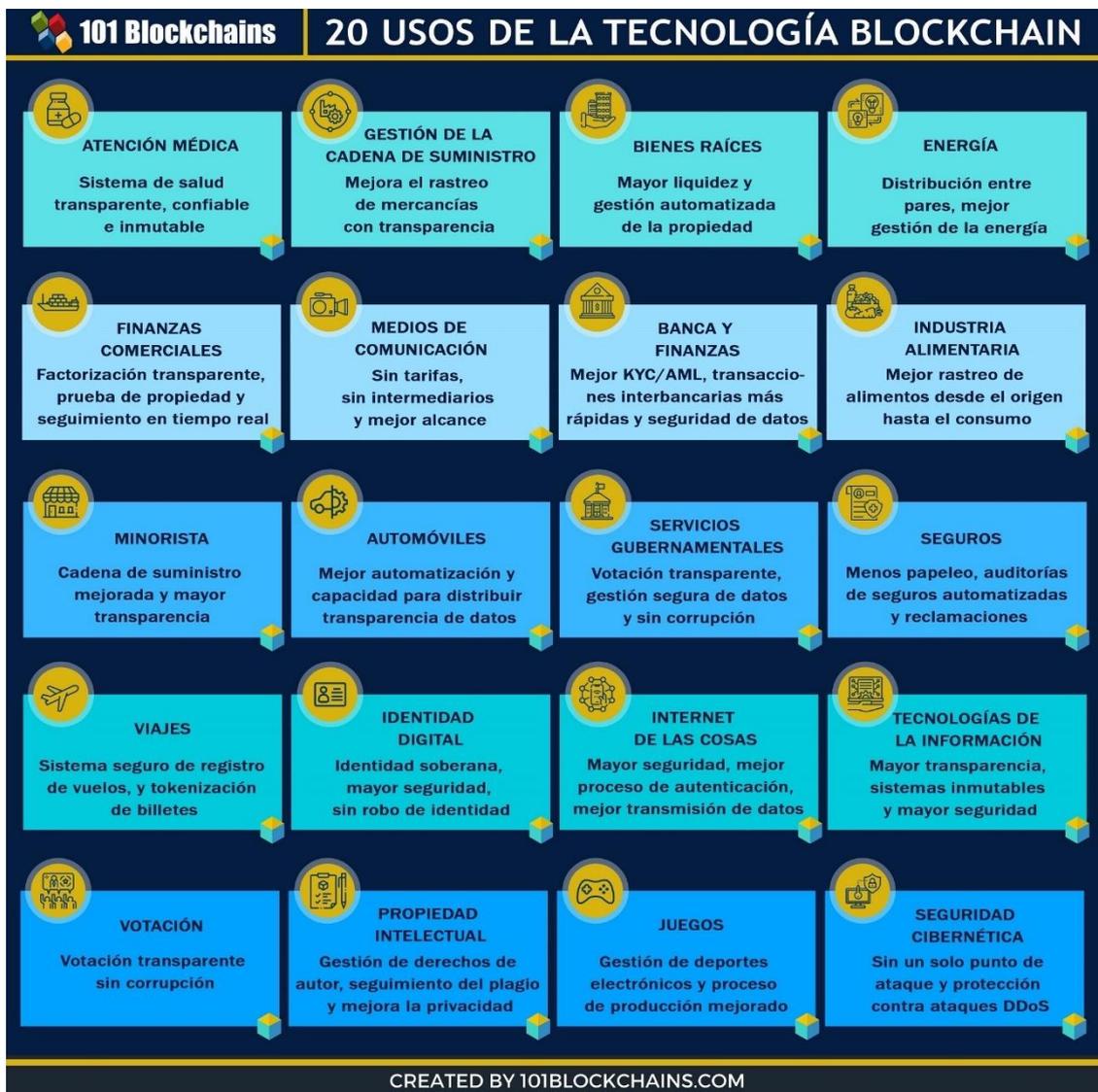


Ilustración 2.4: Aplicaciones reales de la tecnología Blockchain

2.1.4. Elementos de la Blockchain

Antes de adentrarnos en el funcionamiento de la tecnología Blockchain, a pesar de lo complejo que pueden llegar a ser estos términos bastante técnicos, es imprescindible comprender los elementos claves que conforman la cadena de bloques sin los cuales la tecnología Blockchain no tendría ninguna utilidad ni sentido.

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

Debido a esto, tiene tanta importancia conocer los elementos que conforman la Blockchain para entender su funcionamiento. Estos elementos son:

- Criptografía
- Funciones HASH
- Firma digital
- Proof of Work
- Minado
- Consenso
- Contratos Inteligentes (Smart Contracts)

2.1.4.1 Criptografía

La criptografía es una ciencia que estudia los algoritmos utilizados para ocultar información. Esta ciencia es fundamental para la tecnología Blockchain, donde la información se comparte de forma encriptada por una vasta red de computadoras sin ninguna jerarquía. Por esta razón, profundizaremos en su mecánica subyacente para comprender mejor como funciona la tecnología en la actualidad.

Para entenderlo de una mejor forma, tiene más sentido pensar en la clave privada como una llave y la clave pública como una taquilla abierta que, una vez cerrada, solo se puede abrir con la llave mencionada anteriormente (clave privada). Es decir, si se quieren enviar diferentes mensajes, se pueden abrir cientos de cajas iguales equivalentes a la clave pública para que cualquiera pueda ingresar el mensaje, y una vez cerrado, solo puede abrir los mensajes la persona que tiene la llave (clave privada) [5].

Existen dos tipos de sistemas de cifrado:

- *Asimétrica o de clave pública:* Son sistemas que utilizan dos llaves, una pública y una privada. La pública sirve para el cifrado del mensaje a enviar mientras que la privada nos permite descifrar el mensaje que se ha enviado. En muchas ocasiones estas claves son intercambiables, aunque siempre han de cumplir la propiedad de que conociendo la clave pública no exista la posibilidad de descifrar la clave privada.
- *Simétrica o de clave privada:* Son sistemas que utilizan una clave única, tanto para el cifrado como para el descifrado del mensaje. En este caso es necesario que ambos, el emisor y receptor conozcan la misma clave lo cual genera su punto débil ya que un tercero podrá obtener la clave y descifrar el mensaje. Esto lleva a preguntarse como transmitir la clave de forma segura para que solo la tenga el destinatario.

2.1.4.2 Funciones HASH

Un hash es una función criptográfica y a la vez un algoritmo matemático el cual transforma cualquier bloque de datos en una serie nueva de caracteres completamente diferente con una longitud fija. Indistintamente de la longitud de los datos de entrada, el valor hash de salida tendrá siempre la misma longitud [6].

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

Una función hash recibe como entrada un mensaje, una cadena de bits, de una cierta longitud, y genera una cadena de bits de longitud fija que viene determinada por la función hash. Las funciones hash poseen una propiedad principal:

- Es imposible encontrar dos mensajes con el mismo valor hash.

Las funciones hash forman una parte imprescindible en aplicaciones relacionadas con la seguridad informática, como las firmas digitales y los sistemas de autenticación. Muchas de estas aplicaciones necesitan una velocidad de procesamiento bastante elevada lo que hace necesario el uso de las funciones hash [6].

Las funciones hash son sin duda alguna una de las herramientas que más se utilizan en la ciencia de la computación. Sus campos de uso pueden ir desde compiladores, hasta bases de datos, redes de comunicaciones, algoritmos de reconocimiento de patrones, juegos de ordenador, sistemas de archivos, y posiblemente cualquier código donde sea necesario consultar o indexar información con mucha rapidez.

2.1.4.3 Firma Digital

La firma digital compone una parte esencial en el desarrollo de cualquier cadena de bloques ya que cada bloque contiene un grupo de transacciones características de transferencias de valor, y cada transferencia consta de dos cosas, una firma digital sobre la transferencia anterior y una clave pública del nuevo propietario al que se quiere transferir el derecho valor [].

Para comprender como funcionan se mostrará un caso. Supongamos que A quiere enviar un mensaje a B. Este mensaje puede cifrarse o no, pero A quiere “firmar” el mensaje para que B pueda tener la seguridad de que el mensaje que recibe ha sido el generado por A y no otro diferente.

La Firma Digital es un método criptográfico que relaciona la identidad de un individuo al mensaje o documento en cuestión [7]. Dependiendo del tipo de firma, también puede asegurar la integridad del documento o mensaje. La firma digital de un “documento” se obtiene tras aplicar una función hash, a su contenido y, posteriormente, aplicando el algoritmo de firma (una clave privada) al resultado de la operación anterior [7].

2.1.4.4 Proof of Work

Proof of Work (prueba de trabajo) es el primer protocolo de consenso que se conoce, el cual es un concepto adaptado para asegurar el dinero digital. Este protocolo se basa en que los participantes de la red resuelvan exitosamente un trabajo computacionalmente costoso con el objetivo de poder acceder a los recursos que ofrece dicha red. Es decir, los nodos tienen que resolver un problema matemático para poder añadir un bloque a la cadena. La cadena válida es aquella que más bloques contenga. Si alguien intentase modificarla necesitaría disponer de un poder computacional mayor que el resto de los nodos de la red juntos, algo poco probable y requeriría de mucha energía eléctrica. El principal inconveniente es su enorme gasto de recursos, haciendo que no sea del todo viable [8].

El algoritmo Proof of Work es el encargado de asegurar diferentes criptomonedas, como Bitcoin y Ethereum. El poder computacional utilizado para resolver estos problemas matemáticos es aportado por los mineros, quienes se encargan de validar las transacciones y minar (generar) nuevos tokens (por ejemplo, Bitcoin).

2.1.4.5 Minado

La minería de criptomonedas es el proceso de resolución de un problema matemático con el uso de equipos informáticos. Cuando un ordenador logra resolver de forma correcta el problema que se ha planteado por la red es premiado con un incentivo, en el caso de las criptomonedas el incentivo es una cantidad X de la criptomoneda que se está minando. Los ordenadores se enfocan en trabajar intentando encontrar la solución correcta que coincida con el hash del bloque en cuestión [9].

Los mineros son los que hacen posible que la red de Bitcoin funcione ya que son los que aportan su potencia computacional, como la GPU (Graphics Processing Unit) con el objetivo de resolver el problema matemático. La probabilidad de minar el bloque correcto está determinada por cuanta potencia computacional se está utilizando por los mineros. El ganador, quien consigue encontrar el hash correcto, es el que actualiza la cadena de bloques mediante la validación de este nuevo bloque de transacciones y es recompensado por la red con la cantidad predeterminada de criptomonedas. En el caso de Bitcoin, esta es la forma en que nuevos Bitcoins son creados, hasta un límite máximo, ofreciendo de este modo un control de la red [9].

A continuación, se muestra una infografía donde se ejemplifica el proceso de minado explicado anteriormente:

What is Bitcoin Mining?

How Bitcoin Transactions work

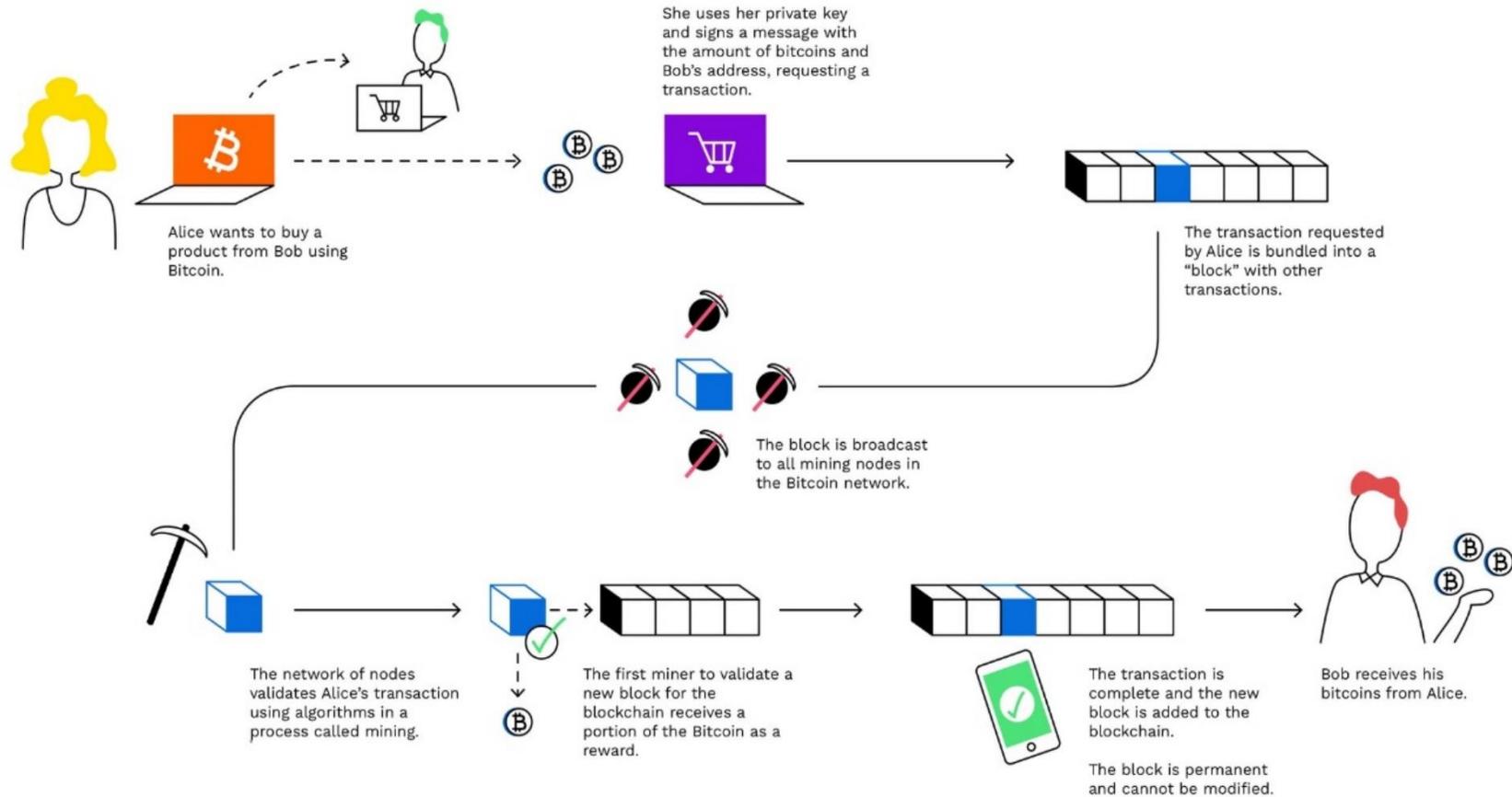


Ilustración 2.5: Qué es el minado de Bitcoin

2.1.4.6 Consenso

Un fork (bifurcación) se le llama a un cambio en el protocolo de una blockchain. Es necesario tener en cuenta que las blockchains dependen de que los nodos trabajen de forma colaborativa para mantener la red y lleguen a un consenso sobre los aspectos esenciales. Cada uno de los nodos tiene que ejecutar el software que le permita validar los bloques y transacciones. Este software define diversas características como la estructura y tamaño del bloque [10].

Existen diferentes formas en las que una blockchain puede ser bifurcada:

- Forks accidentales: tienen lugar cuando por casualidad, más de un minero descifra el bloque correcto casi al mismo tiempo, lo cual hace que se creen dos blockchains. Este tipo de fork suele erradicarse relativamente rápido ya que los siguientes bloques se van añadiendo a uno de los forks y el otro queda descartado.
- Forks intencionales: estos tienen lugar cuando hay diferencia de opiniones entre los desarrolladores sobre cual es la forma correcta de ejecutar el software.

Los forks intencionales pueden ocurrir de dos formas distintas: soft fork (bifurcación suave) o hard fork (bifurcación fuerte) [10].

2.1.4.7 Contratos Inteligentes

En estos últimos años, con el nacimiento de la tecnología Blockchain, se han desarrollado muchos proyectos innovadores que han ido aportando nuevas ideas y soluciones descentralizadas a muchos de los procesos o aplicaciones centralizadas que se utilizan en la actualidad. Entre ellos nacen los smart contracts que tienen como objetivo eliminar intermediarios para simplificar procesos y, con ello, ahorrar costes al consumidor.

Un smart contract es un código informático el cual se inscribe en una cadena de bloques, o Blockchain, de manera que no se puede borrar ni editar.

Los Smart contracts tienen como objetivo simplificar procesos y reducir costos mediante la eliminación de intermediarios. Son instrucciones especiales que se almacenan en una blockchain que pueden autoejecutar acciones siguiendo una serie de parámetros ya programados, todo esto de forma transparente, inmutable y segura [11].

Funcionan de forma similar a un contrato convencional estableciendo que se puede hacer, como se puede hacer y que pasa si algo no se hace. Define la interacción que se va a realizar entre las partes involucradas, pero sin la necesidad de intermediarios, como abogados o notarios [11].

Los contratos inteligentes son capaces de ejecutarse y hacerse cumplir por sí mismos y no están sujetos a la interpretación de las partes. Están basados en códigos informáticos llamados script, los cuales no pueden ser cambiados una vez establecidos, debido a la naturaleza de la tecnología Blockchain. Pueden ser creados por personas físicas o jurídicas, o también por máquinas que funcionan de forma autónoma por lo que tienen validez sin depender de las autoridades. Al estar

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

basados en tecnología Blockchain, los contratos inteligentes son distribuidos en muchos ordenadores evitando la centralización, la burocracia y la censura. Con la ayuda de los desarrolladores, los Smart contracts tienen el potencial de construir un mundo más justo y equilibrado.

2.1.5. Cómo trabaja la Blockchain

La tecnología Blockchain trabaja mediante un protocolo, en el cual las reglas que gobiernan la cadena de bloques pueden o no limitar la estructura de datos que se está gestionando. Una de las características de la Blockchain es que se van añadiendo datos seguidamente de los anteriores. Blockchain almacenará cualquier tipo de intercambio de datos en la plataforma. Sólo se anotan datos, nunca se borran, añadiéndose unos a continuación de otros lo cual da lugar a una cadena [12].

Las cadenas de bloques ejercen como programas de redes entre pares con una gran diferencia: Además de desplazar ficheros de datos entre ellos, también aseguran que todos poseen exactamente los mismos datos. Si algún dato cambia en alguno de los nodos, se exige también su modificación en todos los nodos. Las normas para hacerlo son estrictas, si alguien no las acata y realiza un cambio en su copia de manera ilegal, se le ignora y no se da paso a la modificación [12].

La restricción y validación de las transacciones es realizada por todos los nodos de la cadena los cuales actúan como mineros, de esta forma logran subir un bloque ya validado a la cadena, y solo una vez que la transacción esta es ejecutada. En la siguiente página se muestra una infografía con el funcionamiento de la Blockchain de forma más ejemplificada:

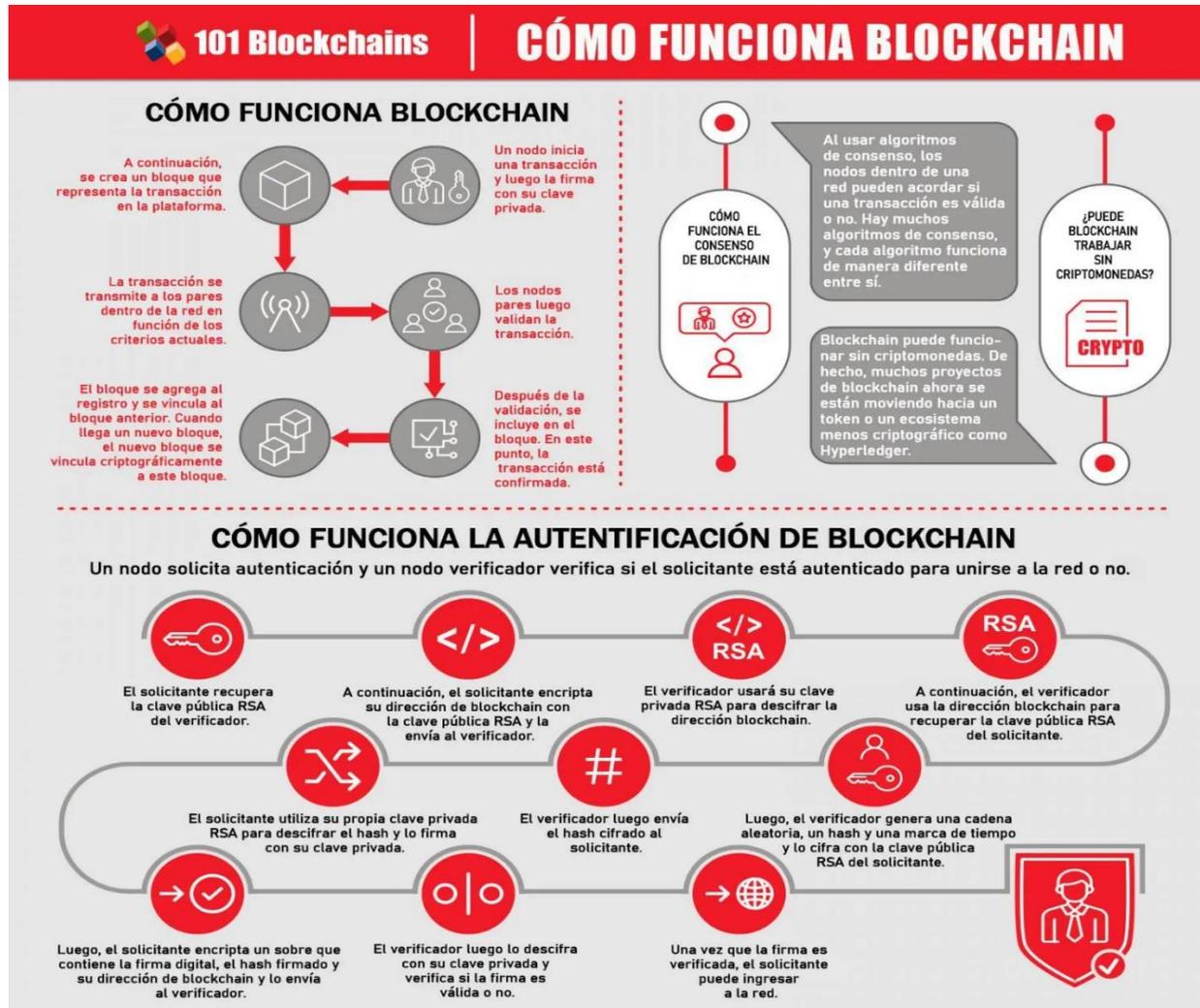


Ilustración 2.6: Como funciona la Blockchain

2.1.6. Ventajas de la Blockchain

La tecnología Blockchain es una tecnología en continuo desarrollo la cual está transformando la forma en que se hacen los negocios ya que ofrece una mayor seguridad en el manejo de información. A continuación, se presentan sus diferentes ventajas [13]:

- Descentralización: Gracias a la descentralización nacen los conceptos de finanzas descentralizadas, aplicaciones descentralizadas, organizaciones autónomas descentralizadas o la compra de propiedades a través de Smart Contracts.
- Datos imposibles de falsificar: Una vez registrados los datos de las transacciones, son imposibles de falsificar.
- Transacciones financieras de forma segura y confiable: Permite realizar transacciones financieras entre dos participantes sin la necesidad de intermediarios.
- La información nunca se pierde: Aunque la red se cayera la información nunca se perdería, mientras haya al menos un nodo funcionando.
- Otras aplicaciones: Blockchain será esencial para el Internet de las Cosas, las principales aplicaciones de esta tecnología es crear backups de empresas.

La Blockchain les posibilita a las empresas del sector público y privado, la posibilidad de realizar transacciones de información y valor de forma segura y directa mediante sistemas informáticos enfocados en el manejo de información y de documentos sensibles o confidenciales. La tecnología Blockchain permite a las empresas aumentar su productividad y a la vez, ser más competentes en un mundo globalizado que cada vez se vuelve más digital.

2.1.7. Tipos de Blockchain

La tecnología Blockchain se divide en diferentes tipos dependiendo de sus características. La diferencia entre ellas aparece según su funcionalidad, así como en sus protocolos de consenso y reglas de validación. A continuación, se presentan los diferentes tipos [14]:

- Blockchain pública: Son las blockchains que se encuentran públicamente accesible desde internet. Mantienen abierto al público sus datos, software y desarrollo. Como ejemplo tenemos Bitcoin, Ethereum, Zcash o Monero.
- Blockchain privada: Generalmente poseen los mismos elementos que las públicas, pero dependen de una unidad central que controla las acciones dentro de la misma. Ejemplos: Hyperledger, Corda o Quorum.
- Blockchain híbrida o federada: Es una fusión entre blockchain pública y privada. Es un intento de aprovechar lo mejor de ambos. El acceso a los recursos de la red es controlado por una o varias entidades, aunque el libro de contabilidad si que está público por lo que cualquiera puede explorar bloque por bloque todo lo que sucede en la blockchain.

Características de la tecnología Blockchain

La tecnología Blockchain posee una serie de características que posibilitan gestionar la información de forma segura y con total trazabilidad, ofreciendo transparencia y privacidad a los participantes. Estas características resultan de mucho interés en el ámbito empresarial y permiten a las empresas mejorar diferentes procesos vigentes, además de fomentar la creación de nuevos modelos de negocio fundamentados en ambientes colaborativos sustentados por la tecnología Blockchain. A continuación, se exponen las principales características asociadas a la tecnología Blockchain [15].

Seguridad

Como bien se comentó en la introducción a la tecnología Blockchain, la criptografía es uno de los pilares sobre los que se fundamenta la tecnología Blockchain. Ofreciendo así, mayor seguridad de la información almacenada en la cadena de bloques y compartida entre los diferentes nodos de la red. Para tener la oportunidad de utilizar una red Blockchain se necesita disponer de un conjunto de claves asimétricas válidas.

Trazabilidad

Esta es una de las características que más interesante resulta en cuanto a utilidad y mejora de procesos para las gestiones de auditorías. La tecnología Blockchain permite realizar un rastreo dentro de la cadena de bloques para trazar todas las operaciones realizadas con una determinada dirección; o bien retornar en el tiempo para inspeccionar las transacciones que se hicieron en un momento exacto y en una fecha indicada.

Privacidad

Esta característica es propia de las blockchain públicas, donde las direcciones Blockchain no se encuentran relacionadas con la identidad de la persona que controla una dirección en la blockchain. Con el fin de poder operar en una blockchain, es necesario disponer de la clave pública y la clave privada que permiten tener control de la dirección en cuestión.

Transparencia

La transparencia en Blockchain se logra haciendo públicas las reglas con las que se concreta el funcionamiento de la Blockchain en cuestión. Con esto se hace referencia a que sea totalmente público el código del software sobre el cual se ejecutará la Blockchain y mediante la generación de una comunidad de nodos y desarrolladores que siguen este principio de transparencia.

Confianza

La confianza en el funcionamiento de la tecnología Blockchain es la característica que permite que dos partes que no confían entre sí puedan realizar una transacción de forma segura.

2.2. CADENA DE SUMINISTRO

En la economía moderna, las tareas productivas están constituidas por cadenas de suministro. Estas conciben al conjunto de actividades que van desde el primer diseño de un producto o servicio, hasta su posterior entrega o prestación del servicio a sus consumidores finales. Para demostrar el concepto de cadena de suministro, puede hacerse uso de un ejemplo sencillo, como lo es el de un paquete de pasas sultanas que es adquirido en los supermercados.

Para que haya sido posible que el paquete de pasas llegara al supermercado, se ha tenido de llevar a cabo una serie de procesos sucesivamente, como lo son el cultivo de las pasas; su cosecha; su envasado y almacenado; diversos trayectos de transporte nacionales e internacionales; y su posterior distribución al comerciante (mayorista y/o minorista) como lo es el supermercado. Este ejemplo demuestra que en las cadenas de suministro participan una serie compleja de actores, donde la coordinación es una parte fundamental para que el producto final llegue a sus consumidores en el tiempo y lugar estipulado.

Con lo anterior, podemos determinar que el correcto desempeño de una cadena de suministro depende de múltiples actores y factores, donde están incluidos los proveedores de materias primas, las empresas manufactureras y los canales de comercialización, pero también lo están las partes que logran que el flujo de productos e información a lo largo de la cadena sea más llevadero. Para su correcto funcionamiento, son necesarios tanto prestadores de servicios logísticos, tecnología y financieros, como organismos públicos que posibiliten el desarrollo de la infraestructura y el buen desempeño de dichas cadenas [16].

Se puede observar que, al estar esparcidas las funciones de diseño, fabricación y distribución de un producto entre varios participantes, la competitividad de una cadena de suministro será tan fuerte como el desempeño del más débil de sus participantes. Esta fuerte vinculación entre los diferentes participantes de la cadena de suministro demuestra la necesidad de que todos sus actores alcancen un buen desempeño.

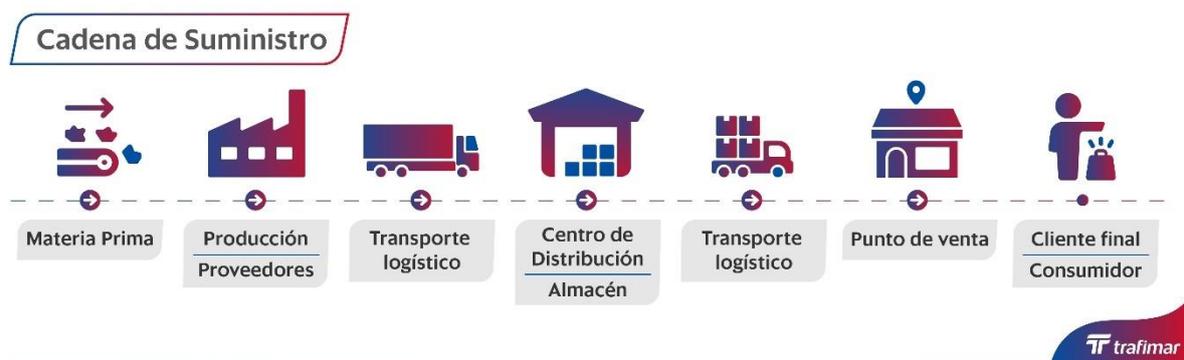


Ilustración 2.7. Principales actores de la cadena de suministro

En los últimos años, con motivo de la globalización las cadenas de suministro han aportado numerosos beneficios a la sociedad, como reducción de costes, mejoras sanitarias o un aumento de oferta la cual ha logrado triplicarse en tan solo veinte años. Aun así, pese al carácter global de las

cadena de suministro, no queda duda alguna de que estas están totalmente divididas. En otras palabras, existe un elevado número de participantes que maniobran los productos antes de que lleguen al consumidor final, pero no existe ningún tipo de transparencia entre ellos, lo que aumenta la complejidad de garantizar el cumplimiento de las obligaciones legales y morales por todas las partes e imposibilita una correcta trazabilidad.

Debido a los peligros de infecciones por alimentos presentados desde hace décadas, las organizaciones se han visto en la obligación de crear sistemas de trazabilidad con el objetivo de rastrear el producto y compartir la información entre los miembros de la cadena de suministro que posibiliten minimizar riesgos y aumentar la calidad de los alimentos, cumpliendo con la normatividad requerida.

2.2.1. Principales actores que forman parte de una cadena de suministro

Dentro de la cadena de suministro aparecen los siguientes actores que participan de forma directa:

- Proveedores de insumos de primer y segundo nivel
- Empresas manufactureras
- Mayoristas y minoristas
- Proveedores de servicios logísticos, transportistas y operadores de infraestructura
- Organismos de control
- Proveedores de servicios tecnológicos
- Proveedores de servicios financieros

2.2.1.1 Proveedores de insumos de primer y segundo nivel

Los proveedores de primer nivel son los encargados de proporcionar los insumos directamente a las empresas manufactureras. Los de segundo nivel son aquellos que abastecen de insumos a las proveedoras de primer nivel, convirtiéndose así en proveedores indirectos de las grandes empresas manufactureras.

2.2.1.2. Empresas manufactureras

Por lo general son compañías de un tamaño considerable y están relacionadas con diversas industrias como, por ejemplo, alimentación, sector automovilístico o la industria textil. Para lograr un producto final, dichas compañías hacen uso de diversos insumos en sus fases de transformación, los cuales son suministrados por proveedores de primer nivel.

2.2.1.3. Mayoristas y minoristas

Son empresas del sector de la comercialización las cuales encauzan los productos de las empresas manufactureras hacia los consumidores finales.

2.2.1.4. Proveedores de servicios logísticos, transportistas y operadores de infraestructura

En este caso se incluyen las empresas que posibilitan el movimiento físico de insumos y productos finales por diferentes medios de transporte (marítimo, aéreo, férreo) y que ofrecen servicios de almacenamiento, embalaje y gestión de inventario.

2.2.1.5. Organismos de control

Hace referencia a las instituciones pertenecientes al sector público que participan en el transporte de mercancías, como la importación y exportación, con el objetivo de asegurar el cumplimiento de la normativa nacional e internacional vigente con respecto a condiciones arancelarias y de seguridad sanitaria.

2.2.1.6. Proveedores de servicios tecnológicos

Engloba a las empresas que ofrecen sistemas y servicios de tecnología para la gestión digital de procesos y su automatización.

2.2.1.7. Proveedores de servicios financieros

Incluye a bancos y entidades financieras que permiten conseguir financiamiento de capital circulante para las empresas de la cadena de suministro, a través de préstamos, garantías y leasing.

2.2.1.8. La cadena de suministro del futuro

Las cadenas de suministro se singularizan por tener un elevado nivel de interconexión entre los entornos físicos y digitales, donde los sensores de IoT ofrecen la posibilidad de recoger y transmitir información en tiempo real a través de toda la cadena. Por otra parte, los análisis con big data, la inteligencia artificial y la computación en la nube facilitan el poder tomar decisiones de manera simultánea para procesos diferentes, con el objetivo de optimizar el desempeño global de la cadena en tiempo real. Adicionalmente, la automatización y robotización permiten la implementación de decisiones sin la necesidad de la intervención humana. Con la unión de las tecnologías de IoT, inteligencia artificial, automatización y computación en la nube, y su aplicación a las cadenas de suministro, las expectativas son conseguir mayores ganancias en tiempos, costes y gestión de riesgos, entre otros elementos de gran importancia para el desempeño de las cadenas de suministro.

Con el increíble progreso y la convergencia de las nuevas tecnologías digitales, se estima que las cadenas de suministro obtengan un mayor grado de autonomía, hasta conseguir a convertirse en auténticas “supply chains” que se valen por sí mismas. Estas cadenas se caracterizarán por poseer un elevado grado de conectividad entre los sistemas digitales y físicos, siendo posible gracias a la difusión masiva de sensores de IoT. Los análisis de big data producidos por dichos sensores serán analizados en tiempo real por algoritmos de inteligencia artificial altamente avanzados.

Esto posibilitará el continuo monitoreo del desempeño de los diferentes procesos a través de la cadena de suministro, sin depender de su localización, debido a que todo se realizará mediante plataformas digitales. Con este monitoreo continuo será factible la detección con tiempo y la gestión

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

preventiva de cualquier riesgo, así como la constante optimización de todos los procesos ante cualquier desviación de los niveles de desempeño marcados, consiguiendo mayores niveles de flexibilidad. La intervención humana será casi nula, debido a que la automatización se encontrará completamente extendida, incluyendo la producción, el transporte y la gestión administrativa.

2.3. TRAZABILIDAD EN EL SECTOR ALIMENTARIO

La trazabilidad o seguimiento de un producto hace referencia a la metodología que permite mantener el control estricto de la trayectoria que ha seguido un producto o lote de productos a lo largo de la cadena alimentaria, desde su materia prima hasta su venta al pública [17].

Los sistemas de trazabilidad alimentaria son de vital importancia para mantener la inocuidad alimentaria en todas las fases por las que pasan los alimentos. En caso de localizar una alerta, están preparados para guiarnos y encontrar el origen del problema. Por esto tiene tanta importancia el seguimiento del recorrido que han realizado los alimentos desde su origen hasta su consumidor final [17]. Además, es fundamental que toda empresa de alimentos mantenga el registro correspondiente a la trazabilidad:



Ilustración 2.8: Tipos de trazabilidad

2.4. BLOCKCHAIN EN LA CADENA DE SUMINISTROS

La tecnología Blockchain, aplicada en la cadena de suministros permite registrar y autenticar los códigos de barra de productos a lo largo del sistema para realizar un seguimiento a las mercancías en tiempo real, de esta forma, si hay un intento de cambiar o falsificar la información de los productos o pedidos, los participantes en la Blockchain tendrán la posibilidad de detectarlo de inmediato [18].

La aplicación de la tecnología Blockchain en la cadena de suministro surge de un gran planteamiento tecnológico que se le ha logrado dar. El concepto de cadena de bloques tiene un inmenso potencial para realizar diferentes mejoras a gran escala. Este trabajo tiene como objetivo detallar el concepto de Blockchain y sus aplicaciones existentes en el campo de la logística y las cadenas de suministro. La tecnología Blockchain aún presenta problemas técnicos, energéticos y de confianza, pero no existe ninguna duda de que aporta un sistema de trazabilidad y autenticación que transformarán completamente el sector de las cadenas de suministro.

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

Se plantea como planteamiento final que la tecnología Blockchain muestra gran relevancia en las cadenas de suministro ya que consiste en disminuir los costes de producción y aumentar la seguridad y confianza en todas las transacciones de la cadena [18].

2.5. PLATAFORMAS Y HERRAMIENTAS PARA EL DESARROLLO BLOCKCHAIN APLICADO A LA CADENA DE SUMINISTROS

Desde el primer momento, la tecnología se ha expandido hacia aplicaciones y usos mucho más amplios. Actualmente, hay diferentes variantes de código abierto como Hyperledger, Corda o Multichain donde existe la posibilidad de descargar la aplicación de la Blockchain y programar la cadena a tu preferencia, eligiendo quién quieres que forme parte y en qué condiciones se regulan las transacciones.

También se pueden generar entornos federados por medio de un consenso (fork) en una red pública, como puede ser la red de Ethereum, estableciendo así tu propia red customizada. Es por eso que, en muchas ocasiones, el código desarrollado por la comunidad de desarrolladores puede ser reutilizado. A modo de ejemplo, en Github se pueden localizar los repositorios de Ethereum o Hyperledger, que seguramente son los softwares más utilizados para instaurar nuevas redes con tecnología Blockchain.

2.6. CASOS DE ÉXITO REALES DE IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN EN LA CADENA DE SUMINISTROS

En este apartado comentaremos diferentes casos reales en los que se puede observar implantaciones de la tecnología Blockchain para sistema de trazabilidad:

Walmart:

La gigantesca cadena de supermercados estadounidenses Walmart, trata la cadena de suministro como una red con mayor nivel de complejidad. Es una realidad que descubrir el origen de un brote de productos defectuosos puede llegar a tardar varios días, y en algunos casos hasta semanas. Esto incita a que los gobiernos terminen recomendando el no consumir un producto en concreto, lo que afecta de forma negativa a su reputación y puede llegar a dejar de consumirse durante un largo período de tiempo, incluso después del brote.

Walmart, debido a su posición en el mercado, se encontraba en la búsqueda de conseguir mayor transparencia en los datos con el objetivo de mejorar la trazabilidad de sus productos. Para analizar el tiempo requerido para trazar de donde provenían los productos, se llevó a cabo un modelo de análisis con los mangos vendidos en las propias tiendas de Walmart. Se realizó la compra de una cantidad de mangos y se le pidió al equipo que descubriese mediante un análisis de trazabilidad de que granja provenían estos. Debido a que no existían conexiones, se tardó 7 días en obtener una respuesta [19].



Ilustración 2.9: Diferencias de tiempo gracias a la tecnología Blockchain

Para la prueba de concepto mediante la tecnología Blockchain, se desarrolló exitosamente la implementación de Hyperledger Fabric, una Blockchain permissionada, en la infraestructura de la empresa. Gracias a la colaboración con IBM, quien desarrolló la red Hyperledger, se logró minimizar el tiempo requerido para el análisis de 7 días a tan solo 2.2 segundos.

Debido al éxito de la implementación de esta tecnología, Walmart decidió expandirlo a más productos llegando hasta un total de 25 productos que podían ser trazables con total eficacia gracias a la Blockchain. Ha conseguido llegar a ser de tal relevancia para la compañía que ahora cualquier distribuidor de alimentos frescos se ve en la necesidad de formar parte de esta red si quiere tener la posibilidad de suministrar sus productos a Walmart [19].

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

Este desarrollo tecnológico supone una importante transformación en una de las grandes compañías en Estados Unidos, adaptando por completo su modelo con el objetivo de ofrecer una mayor transparencia al consumidor final y a todo el que tenga la necesidad de analizar este tipo de información como los analistas internos.

Honeysuckle White:

La empresa Honeysuckle White es una de las mayores distribuidoras de pavo de Estados Unidos. En el año 2017 tomaron la decisión de llevar al siguiente nivel el valor que ofrecían junto a la distribución de sus productos a través de la implementación de una solución con tecnología Blockchain, desarrollada por Cargill, de la granja a la mesa (farm to table) para aumentar la transparencia y trazabilidad del pavo [20].



Ilustración 2.10: Honeysuckle Turkey

Gracias a esta innovación por parte de la compañía, los consumidores tienen la posibilidad de visualizar toda la información referente al pavo que utilizarán en Navidad o cualquier otra ocasión. Con el simple hecho de introducir el código perteneciente al pavo, el cual viene en la etiqueta, podrán obtener información como la historia de la familia que lo alimentó, en que ciudad del país está la granja e incluso leer un mensaje de parte de los granjeros [20]

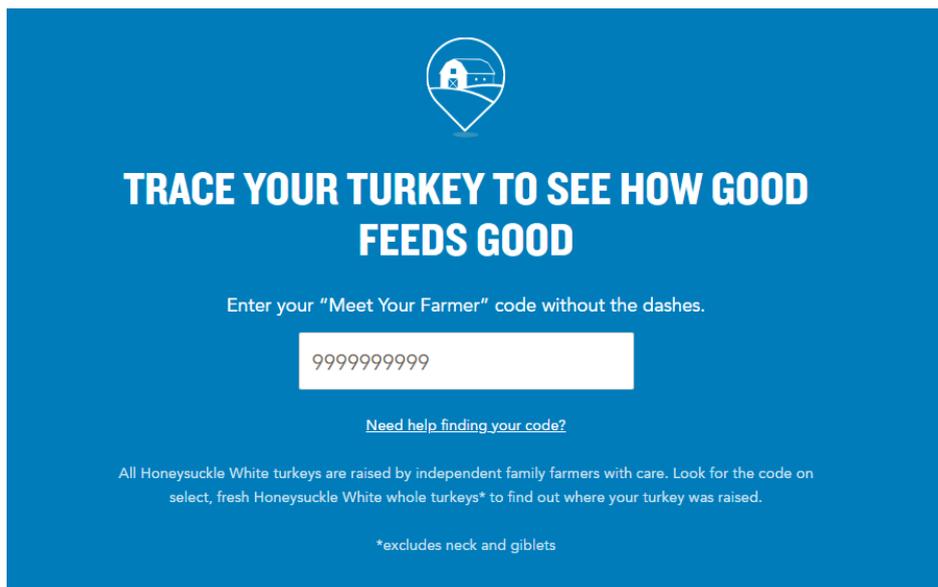


Ilustración 2.11: Introducción de código para ver información del pavo

Honeysuckle White tiene un gran compromiso con la transparencia de los alimentos y son conscientes de que los consumidores quieren entender la procedencia de los alimentos que consumen y cómo son producidos. Más de 200 mil pavos con su trazabilidad bajo la Blockchain fueron distribuidos en el mercado lo cual no dejó de ser un hito para la compañía el buen recibimiento que tuvo dicha iniciativa [21].

Por otra parte, para las navidades del año 2018, alrededor de 3,500 tiendas de retail a lo largo del Oeste del país comenzaron la distribución en sus tiendas de pavos totalmente trazables con el programa con tecnología Blockchain desarrollado lo cual demuestra que cada vez es mayor la adopción y el reconocimiento positivo por parte de las empresas del potencial y utilidad que tiene esta tecnología.

Bumble Bee:

Bumble Bee Foods es una de las compañías de mariscos más grandes de todo Estados Unidos desde 1899. Han estado trabajando arduamente junto a SAP para mejorar la trazabilidad de mariscos debido a la creciente demanda por parte de los consumidores de conocer que lo que compran es seguro y sostenible. Como bien comenta Tony Cost, Chief Information Officer (CIO), “gracias a la tecnología Blockchain, los consumidores tendrán la posibilidad de ver información valiosa acerca de su marisco y cómo fue pescado con la sencilla acción de escanear un código QR con el móvil” [22].

Desde el océano hasta la mesa, es la primicia que asegura la empresa Bumble Bee. Gracias a esta iniciativa proporcionarán información instantánea sobre el viaje del pescado al mercado, incluido el tamaño de la captura, el punto de captura y la comunidad pesquera que la capturó, así como información valiosa para verificar la autenticidad, la frescura, la seguridad, la certificación de pesca de comercio justo y la sostenibilidad [22].

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

Todo ha sido desarrollado con tecnología suministrada por SAP, mediante la plataforma SAP Analytics Cloud. La plataforma de SAP es permisionada por lo que suministradores específicos dan acceso a su información en concreto [22].

El proceso de implementación de la tecnología Blockchain comienza en la planta de procesamiento escaneando la información de dónde y cómo ha sido capturado el atún. Esta información es almacenada en la nube, la cual está asegurada con tecnología Blockchain.

Siguientemente, entra en juego la planta de inspección de mariscos, un laboratorio independiente, donde se realiza un exhausto testeo para comprobar la seguridad del producto. Como comentan fuentes de la empresa, ahora tienen la información a golpe de un click cuando antes tenían que rebuscar para encontrar la información. Los datos generados en este laboratorio son almacenados en la blockchain y está disponible para los restaurantes y vendedores de los Estados Unidos.

Por último, el proceso se desplaza a la planta de productos finalizados, para llevar a cabo el paso final antes de que el producto sea distribuido, donde una vez más se almacenan los datos en la Blockchain.

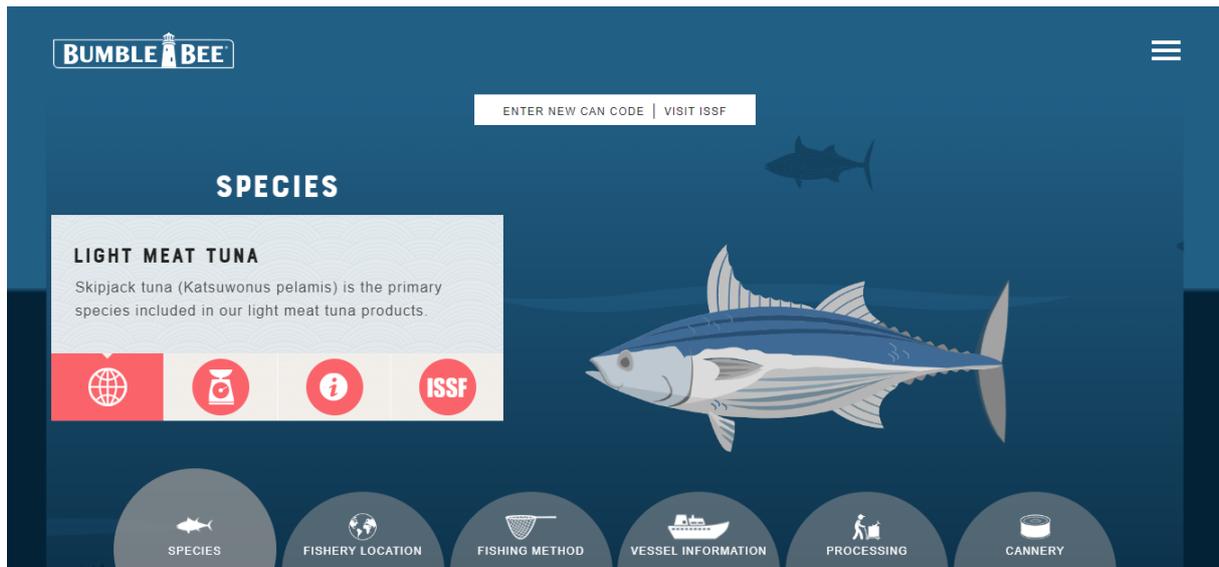
Los clientes pueden acceder a toda la información de su atún mediante el ingreso del código que contiene cada lata/paquete de atún e ingresándolo en la página web:



[Ilustración 2.12: Web para trazabilidad Bumble Bee](#)

Una vez ingresado el código se puede observar toda la información que se pone a disposición del cliente lo cual ofrece una transparencia y seguridad muy alta.

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad



[Ilustración 2.13: Resultados trazabilidad Bumble Bee](#)

Gracias a la tecnología Blockchain, empresas como Bumble Bee están tomando la iniciativa con el objetivo de ofrecer un producto más seguro y transparente a los consumidores. Con el uso de esta tecnología se está planteando un nuevo estándar de consumo donde el consumidor es el eslabón principal.

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

Otros ejemplos de implementación de la tecnología Blockchain en la cadena de suministro son los siguientes:

British Airways	Utiliza la tecnología Blockchain para administrar datos sobre los vuelos entre aeropuertos como Londres, Ginebra y Miami.
Maersk	Utilizará la tecnología Blockchain para el monitoreo de envíos de carga. TradeLens es la plataforma implementada para rastrear los envíos a medida que se mueven de un puerto a otro.
United Parcel Services	Sistemas de gestión logística más económicos y eficientes. Un gran número de corredores, así como información oculta a través de complejas cadenas de suministro.
FedEx	La implementación de tecnología Blockchain le ha posibilitado a la compañía mejorar el proceso de resolución de disputas con clientes.
BHP Billiton	Utiliza la tecnología Blockchain para registrar y rastrear los movimientos de las muestras de rocas y fluidos de los pozos.
Alibaba	Está utilizando una solución basada en Blockchain que permite el seguimiento de los bienes de lujo vendidos en sus sitios de comercio electrónico.
Tencent	Utiliza la tecnología Blockchain para mejorar la facturación legal y los impuestos en la ciudad china de Shenzhen.
Baidu	Ha lanzado un sistema de gestión de derechos de imagen con tecnología de Blockchain.
AIA Group	Ha implementado la tecnología Blockchain y también lanzó la primera Blockchain habilitada para Banca seguros.
MetLife	Primera solución de seguro automatizada basada en tecnología Blockchain que ofrece a las mujeres que luchan con la diabetes gestacional una protección financiera.
Facebook	Garantizar una mejor protección de los datos de los usuarios en respuesta al escándalo de Cambridge Analítica.
Walt Disney	Implementación de tecnología Blockchain en el seguimiento de los inventarios, así como las ventas y envíos en los parques.
Ford	Está desarrollando la tecnología Blockchain para permitir que las tecnologías de movilidad sean compatibles con sus soluciones Smart Mobility.
Prudential	Facilitar a las empresas la búsqueda de socios y distribuidores, así como poder realizar pagos y rastrear bienes.
Nestlé	Implementación de la tecnología Blockchain en el seguimiento de productos alimenticios, especialmente los que usan los niños, directamente de las granjas.
Toyota	Aplicación de tecnología Blockchain para acelerar la tecnología de conducción autónoma.

Ilustración 2.14: Ejemplos casos reales de uso de la tecnología Blockchain

CAPÍTULO 3. ANÁLISIS DEL PROBLEMA

3.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA

En la última década, la globalización ha jugado un papel importante en la gestión de las cadenas de suministro, lo cual ha aportado numerosos beneficios a la sociedad, como reducción de precios, mejoras sanitarias o incluso un aumento de la oferta que ha llegado a triplicarse en tan solo veinte años. Aun así, pese al carácter global de las cadenas de suministro, es necesario comentar que se encuentran completamente fragmentadas. En otras palabras, existe un gran número de actores que manipulan los productos antes de que lleguen al consumidor final, pero no existe conexión ni visibilidad entre ellos, lo que complica aún más la tarea de garantizar que todos cumplen con sus obligaciones legales y morales e imposibilita una correcta trazabilidad.

Debido a los riesgos alimentarios que han surgido desde hace décadas, las organizaciones han tenido la necesidad de generar sistemas de trazabilidad con el objetivo de tener localizado el producto y compartir información entre los miembros de la cadena de suministro con el fin de minimizar riesgos, ofrecer una mayor calidad y aumentar la fiabilidad de los alimentos, cumpliendo con la normativa requerida.

Cada día aparecen más clientes y gobiernos que exigen una mayor transparencia de los fabricantes y productores en toda la cadena de suministro. En el Reino Unido, el 30% de los consumidores están preocupados por no tener claro el origen de los productos, y tienen dificultades para actuar al respecto a través de sus decisiones de compra.

En la industria cárnica las infecciones ocupan uno de los problemas más graves que conllevan la falta de trazabilidad, como la venta de productos falsos. También ha provocado, por parte de los consumidores, un aumento de la demanda de productos que vengan con certificado y un alto coste de supervisión dada la falta de transparencia entre los que participan en la cadena de suministro de la industria alimentaria.

3.2. PROBLEMÁTICAS EN EL SECTOR AGROALIMENTARIO

La trazabilidad de alimentos a lo largo de su recorrido dentro de la cadena de suministro es un requisito legal que todos los actores de la cadena tienen que cumplir. Es de vital importancia para asegurar el origen de los productos, así como el estado y la procedencia de estos. A pesar de ser una necesidad, la información no está directamente conectada entre los distintos actores, lo cual dificulta la transparencia tanto a la hora de confirmar el origen de un producto por parte de un consumidor, como de corroborar el origen de un producto obtenido de un proveedor por parte de un fabricante.

Actualmente, los estándares en la trazabilidad de alimentos están definidos por el “JOINT FAO/WHO Food Standards Programme”, donde especifican que un agente de la cadena de suministro debe tener la posibilidad de conocer con precisión la procedencia y el destino de un producto con un nivel de diferencia. Es decir, el agente en cuestión debe conocer la procedencia del producto,

identificando cuál es el agente anterior a él, y el destino de un producto, conociendo el agente inmediatamente posterior al mismo. [23]

Esto da como resultado un problema con productos de mayor complejidad, como los cereales que son fabricados con diferentes ingredientes, o productos que son mezclados con materias primas cultivadas en granjas diferentes, como es el caso de la leche. Ante esta dificultad, en una gran cantidad de casos que utilizan tecnologías bastante atrasadas, se hace casi imposible asegurar la procedencia y el destino de los productos debido a la poca transparencia y a la falta de conexión entre los diferentes agentes de la cadena de suministro.

El problema entonces radica en la falta de un estándar o gran consorcio que permita analizar a gran escala, y con transparencia total, la procedencia y los actores que han intervenido en la manipulación de los distintos productos.

Además del problema principal, existen diversos problemas derivados de la problemática inicial. Los agentes deben confiar mutuamente entre ellos cuando se establecen ciertas normas de cumplimiento. Esto, que es un problema básico en cualquier relación humana, supone una vulnerabilidad crítica hacia la fiabilidad de los propios datos.

Los agentes, como consecuencia de la nula conexión que existe entre ellos, tienen la necesidad de confiar en que la palabra del agente anterior sobre la procedencia del producto es correcta. Esto trae consigo una clara posibilidad de que se pueda fomentar el fraude. Eliminar la confianza entre los agentes de la cadena de suministro puede permitir que estos sepan con total seguridad que los datos recibidos son exactos.

Existen diferentes acercamientos sobre el tiempo mínimo que deben mantener los datos correspondientes a los productos vendidos o generados en las diferentes empresas. Uno de los parámetros más cercanos a lo que está establecido en el mundo real oscila entre los tres años. Es de vital importancia para una compañía mantener estos datos durante 3 años, porque se ven en la obligación de mantener una infraestructura que sea capaz de asegurar que esos datos no se perderán ni cambiarán en ningún momento. Este es un problema que trataremos más a fondo en el siguiente apartado, el análisis de la seguridad, el cual no se puede omitir porque afecta directamente la forma en que se plantea una cadena de suministro.

3.3. ANÁLISIS DE LA SEGURIDAD

Los datos representados en los sistemas de control de cada agente son críticos. La interrelación entre ellos hace que mantener estos datos sea de vital importancia no solo para tener bajo control la información sobre el origen de los productos de un agente, sino también para permitir que agentes externos como un auditor puedan asegurar la integridad de estos datos en cualquier momento.

Muchos de los agentes de la cadena de suministro no disponen de recursos para asegurar la seguridad de los datos, lo cual les hace bastante vulnerables a ataques que puedan comprometer su integridad. Que un atacante externo tenga el poder de cambiar la procedencia de un producto o la

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

fecha en que fue distribuido puede cambiar completamente la versión que un investigador externo pueda tener sobre un fraude cometido en un momento dado.

Los ataques de software que puede recibir una cadena de suministro pueden tener mayor relevancia por la incapacidad de detección que poseen empresas con menor nivel de digitalización. Si una empresa está utilizando un software de externo, sin actualización ni mantenimiento, existe la posibilidad de que esté expuesto a vulnerabilidades que puedan suponer un peligro para la integridad y seguridad de los datos; esto empeora cuando una organización no tiene ninguna forma de detectarlo. El atacante podrá acceder y modificar a su antojo datos e información crítica para el consumidor y el resto de los agentes dentro de la organización.

Un ciberataque puede tener muchas más consecuencias en una cadena de suministro porque, por su concepción hoy en día, los datos suelen estar centralizados en un solo sitio, suponiendo así un punto de gran debilidad para toda la cadena.

CAPÍTULO 4. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN

Se han proyectado los problemas que perjudican de forma directa a las cadenas de suministro en el sector agroalimentario. Se ha podido analizar que se trata de un problema de alto nivel de complejidad; no es tarea sencilla construir un sistema que asegure la trazabilidad y veracidad de los datos a lo largo de toda la cadena, certificando además la integridad de estos mismos datos. Este problema no propone soluciones a medias, puesto que tiene lugar en sectores muy críticos.

Durante este estudio, se va a plantear como solución una tecnología disruptiva, la cual está completamente fuera de los medios tradicionales, el uso de una Blockchain permissionada (concepto que se introdujo en el contexto tecnológico).

Existen muchos críticos de las blockchains permissionadas, de hecho, si se realiza una búsqueda en internet, existe una gran cantidad de usuarios que elaboran fuertes críticas hacia el concepto debido a que creen firmemente que se desvincula demasiado de la idea original de Blockchain en sí. Esta tecnología ofrece la posibilidad de construir redes descentralizadas en las que existe un libro mayor replicado como base de datos en todos los nodos de la red y cuya información está distribuida en bloques. La principal diferencia, y por la que surgen muchos detractores, es que en este tipo de Blockchain se pueden otorgar permisos a los participantes de la cadena.

Esto, que puede suponer en otros casos una desventaja, permite en este caso una oportunidad para la construcción de redes que necesitan estructuras muy complejas y condiciones especiales. Ofrece la posibilidad de conceder permisos solo a los agentes que tienen la necesidad de realizar ciertas funciones. De esta forma, se pueden cubrir los requisitos logísticos que la mayoría de estas cadenas plantean.

Supone una solución a una gran cantidad de los problemas de la cadena, porque al replicar los datos entre todos los integrantes de la cadena, cualquiera de los participantes puede realizar consultas para ver el historial de un producto concreto en un momento determinado. Gracias a la posibilidad de analizar el historial de un producto a lo largo de su trayectoria en este consorcio se puede conseguir una visión real y completa de la procedencia de los productos trabajados. Solventa el problema al que se enfrentan esos productos que se producen bajo la mezcla de materias primas que provienen de diferentes organizaciones. Se consigue agrupar todos los agentes que trabajan de forma conjunta en una única red sobre la que cada empresa puede construir sus aplicaciones de forma independiente.

La red ofrece la posibilidad de implementar una lógica interna, similar a los contratos inteligentes de Ethereum, por lo que se pueden implantar de forma explícita las condiciones necesarias para casos concretos del mundo real, como puede ser una compra a un proveedor estableciendo un precio determinado, para el cual no se permiten negociaciones. Esto permite evitar que los participantes tengan la necesidad de confiar entre ellos ya que las condiciones para que se realice la operación con el producto en cuestión dentro de la cadena están definidas de forma intrínseca en el propio contrato, el cual los actores aceptan al entrar a la red. Si los datos son de fiar y trazables, y las

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

condiciones son explícitas y auto verificadas por la red, no existe ninguna duda cuando se plantean operaciones entre empresas y se elimina gran parte del fraude y la estafa asociados a muchas cadenas de suministro.

Impide que existan puntos críticos en el despliegue, ya que si una organización se retira del consorcio no implica la pérdida de los datos asociadas a la misma, esto ayuda a que los auditores externos tengan la capacidad de analizar con total certeza cada uno de los movimientos de un producto concreto. Además, permite a las empresas no tener que preocuparse por un ataque crítico en cualquiera de los participantes, ya que su información está almacenada y asegurada en el resto de los participantes al ser una red descentralizada.

Por su carácter de estándar, permite agregar de forma sistemática nuevas empresas al consorcio en función de las necesidades que tenga la cadena, alcanzando así una forma sencilla de que los nuevos miembros se puedan adaptar y comiencen a trabajar. Esto es de vital importancia, ya que suprime la necesidad de coexistir con diferentes protocolos e implementaciones distintas, en los que cada uno de los agentes está separado del resto porque no existe una forma viable de unificarlos a todos.

Para la implementación de un modelo que cumpla con las condiciones que se plantean en esta solución, se va a usar Hyperledger Fabric. Una de las aplicaciones de Hyperledger es que está orientada a la creación de redes permissionadas, y se analizará en más detalle en el siguiente apartado, el diseño de la solución.

CAPÍTULO 5. DISEÑO DE LA SOLUCIÓN

Durante este apartado, se analizarán las herramientas utilizadas para dar lugar a la solución planteada en el apartado anterior.

HYPERLEDGER FABRIC

Hyperledger Fabric [24] es la más reconocida de las implementaciones disponibles de Hyperledger. Es bastante común el error de confundir a Fabric con el simple Hyperledger, cuando en realidad este se trata de un proyecto mucho más complejo y extenso. Fabric permite el desarrollo de aplicaciones y la creación de redes privadas. Dicho esto, es acertado considerarla una Blockchain privada que posibilita otorgar permisos y privilegios a los diferentes participantes de esta. Tiene una utilidad diferencial cuando se hace referencia a la creación de redes que sean útiles para fundamentar modelos de negocio entre diferentes actores con intereses concretos. Es el eje central de este proyecto, debido a que establece un espacio perfecto para la creación de una red descentralizada con las condiciones necesarias en el caso planteado.

Su estructura se basa en varias piezas:

- *Organizaciones*. Son la pieza base fundamental para gestionar la red, representan usuarios externos como compañías, quienes tienen ciertos intereses y particularidades.
- *Nodos*. Los nodos están relacionados con las organizaciones ya que tienen como objetivo replicar el libro mayor, así como de firmar y transmitir las transacciones realizadas por cada uno de los usuarios de cada organización. Uno de los nodos corresponde al nodo "Orderer", el cual organiza el orden en que las transacciones son escritas y posteriormente transmitidas al resto de nodos.
- *Clientes*. Representa a los usuarios de cada organización, es la forma que tienen las organizaciones de interactuar con la Blockchain, enviando sus transacciones hacia uno de los nodos a los que tienen acceso.
- *MSP (Membership Service Provider)*. Se encarga de definir las reglas en que los usuarios son validados y autenticados. Maneja distintos IDs (MSPid) que posibilita reconocer cuando un cliente está realizando una acción para la cual tiene privilegios.
- *Canal*. Es el componente que conecta las distintas organizaciones dentro de una red. Permite establecer conexiones en función de la información que se quiere enviar y puede dar lugar a la existencia de canales privados entre organizaciones que forman parte de otro canal común para transmitir datos sensibles.
- *Chaincode*. Representa el código de la plataforma, son las acciones y la lógica de la red, e incluye las acciones que se pueden llevar a cabo en la misma. Se puede comparar con los "smart contracts" de Ethereum vistos anteriormente, como piezas de código que usan la red para ejecutarse y asegurar que se cumplen las condiciones especificadas.

Gracias a estos elementos, ofrece la posibilidad de construir redes en las que los participantes sean identificables, se puede dotar de permisos concretos a diferentes organizaciones en función de sus

necesidades, posee una latencia baja para la confirmación de transacciones y puede darse la privacidad en la comunicación de información de carácter sensible entre distintas organizaciones.

5.1. ALTERNATIVAS DE DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN

Las elecciones técnicas incluyen lo siguiente:

- 1. **Diseño del permiso:** Bitcoin y Ethereum presentan los libros contables abiertos, sin permisos, mientras que Hyperledger propone múltiples blockchains, cada una para un sector diferente.
- 2. **Algoritmo de consenso:** Bitcoin y Ethereum usan un algoritmo de consenso de "prueba de trabajo", mientras que Hyperledger usa métodos de votación más simples.
- 3. **Contratos inteligentes:** Tanto Ethereum como Hyperledger han enfatizado la capacidad de ejecutar contratos inteligentes en su stack de tecnología. Los contratos inteligentes se pueden escribir en diferentes lenguajes de computación. Ethereum proporciona 'Solid' como lenguaje de contrato y Hyperledger usa 'Go'.

Debido a que Hyperledger ofrece configuraciones blockchain para sectores comerciales específicos, como el agroalimentario, así como la capacidad de programar chaincodes para facilitar el acceso a diversos tipos de datos al contrato inteligente por diferentes participantes, decidimos utilizar esta tecnología.

5.2. ESCALABILIDAD Y PRIVACIDAD DE LAS APLICACIONES BLOCKCHAIN

Con Hyperledger los datos que se generan se incluyen dentro de un contrato inteligente donde están disponibles únicamente para los actores que tienen participación en dicho contrato inteligente. Esto asegura que se mantenga la confidencialidad y privacidad de la información. Para ello, el acceso a los datos tiene que estar escrito en el contrato inteligente desde el inicio.

Otro problema de gran relevancia con respecto a la privacidad es el Reglamento general de protección de datos de la UE (GDPR). Inicialmente, las cadenas de bloques públicas están totalmente descentralizadas, lo que implica la no existencia de una sola entidad con responsabilidad legal para el procesamiento de datos en la blockchain. En una cadena de bloques autorizada como Hyperledger, en teoría, existe al menos una entidad responsable de la participación en la Blockchain. Por otra parte, las cadenas de bloques tienen como una de sus propiedades la inmutabilidad, pero de acuerdo con los datos de GDPR, tienen que eliminarse por completo si la persona relevante lo solicita.

Además, las partes específicas del GDPR dependen de la ubicación donde se procesan los datos y, como se ha explicado anteriormente, los datos de la cadena de bloques se procesan simultáneamente en todas partes. Estas cuestiones tienen que ser abordadas mediante una combinación de cambios en la regulación y los avances en la tecnología.

5.3. GRADO DE ACEPTACIÓN DE LAS PARTES INTERESADAS

La descentralización de la tecnología Blockchain significa que su implementación necesariamente implica a múltiples partes. Las partes interesadas claves en este caso son los productores socios, la

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

cooperativa, las empresas logísticas, sus plataformas de compra, los retailers, la organización de certificación, sus proveedores de servicios, como los laboratorios y las compañías de seguros, y la autoridad de seguridad alimentaria.

Al implementar la tecnología Blockchain en este ámbito, se evalúan los costes y beneficios de la solución. Sin embargo, la adopción de esta tecnología tiene la posibilidad de darle un cambio radical al ecosistema mediante la introducción de nuevos participantes en el ecosistema.

Hoy en día, existe un considerable nivel de escepticismo en el sector, como consecuencia de la forma en que la tecnología Blockchain es presentada como una solución para todos los problemas.

Las principales preocupaciones de los grupos de interés son las siguientes:

- La fiabilidad de los datos que se añaden a la cadena de bloques;
- Cómo tratar con las diferentes redes blockchains;
- La validez y seguridad de los contratos inteligentes;
- La eficacia de la blockchain en la prevención real de fraudes en la industria alimentaria.

La mayoría de estas inquietudes se pueden disminuir mediante avances tecnológicos como el uso de datos generados por sensores y maquinaria, o institucionales, como el desarrollo de estándares para los contratos inteligentes.

Aunque el uso de tecnología Blockchain logre disminuir la manipulación de datos, será muy complicado evitar que los usuarios ingresen información falsa o errónea u oculten información en la cadena de bloques. Sí que se podría minimizar este tipo de problemas gracias al uso de sensores y dispositivos IoT.

La tecnología Blockchain tampoco tiene la capacidad, por sí solo, de eliminar el fraude en la cadena alimentaria, sin embargo, a medida que haya una mayor cantidad de datos disponibles vinculados a la cadena de bloques, será más sencilla su detección, gracias a la posibilidad de utilizar controles cruzados y a la inmutabilidad de los registros.

CAPÍTULO 6. CONCLUSIONES

Durante el trayecto de esta memoria, se ha procurado esbozar una visión general de los problemas a los que se enfrentan las cadenas de suministro en su concepción, incluyendo aquellos que se han tratado de enfrentar en el pasado y los que se han establecido como base del funcionamiento de estas.

Hyperledger es una solución la cual plantea una alternativa real a problemas comunes de empresas que sustentan nuestro día a día. Es de sentido común entender que se descuiden algunas de las características que tienen las blockchains públicas, al posibilitar la existencia de permisos específicos y privilegios o condenar el acceso al consorcio a solo aquellos actores que participan dentro del propio negocio. Son algunas condiciones de carácter necesario ante la exigencia del cumplimiento normativo al que son sometidas las propias empresas. De igual forma, considero que como consumidor se me otorga un gran poder al tener la posibilidad de verificar de forma completa la trazabilidad y procedencia de los productos que consumo a diario.

No solo como consumidor existen ventajas; desarrollar un modelo basado en la integridad y seguridad de los datos facilita que los auditores externos tengan más herramientas para evitar los fraudes y corroboren el cumplimiento de la normativa.

Finalmente, es objetivo afirmar que se le conceden más herramientas tanto para el consumidor que intenta verificar la procedencia de los productos que consume, teniendo la posibilidad de trazarlos de forma eficaz, como aquel que no le preocupa en exceso la procedencia de los alimentos, debido a que los controles serán más exhaustivos.

Considero que la solución planteada en este trabajo es un buen punto inicial para la construcción de una red descentralizada donde todas las partes tengan la posibilidad de confiar en el sistema debido a su fiabilidad. Como estudio futuro sería de gran interés la inclusión de nuevos canales entre organizaciones que tengan la necesidad de compartir información confidencial. También puede ser muy interesante la integración con dispositivos IoT (Internet of Things) con el objetivo de automatizar las funciones que posibilitan la actualización del estado de los alimentos, y el desarrollo de los contratos de compra/venta integrados en la propia interfaz para incorporar la mayor cantidad de información posible.

Es bastante complejo analizar un sector tan crítico como lo son las cadenas de suministro, pero este trabajo me ha dado la posibilidad de adquirir una amplia visión sobre un problema global que perjudica a todos los sectores por igual. Está claro que nos desplazamos hacia un mundo aún más digitalizado, el apogeo del IoT como gran revolución acabará transformando los procesos físicos tal y como los conocemos y la tecnología Blockchain hará del mundo un lugar más seguro donde la descentralización jugará un papel más que importante.

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

Es por ello que se expone un punto destacado hacia el que dirigirse, considero que la tecnología Blockchain tiene la posibilidad de constituir un gran cambio cuando se hace referencia al planteamiento no solo de modelos económicos, sino también modelos organizativos. Bitcoin ha sido la primera fase hacia el cambio de la manera que tenemos de entender la economía, nos ha permitido entender que el dinero es algo mucho más complicado de lo que teníamos pensado o nos habíamos acostumbrado. Ha cambiado la forma en la que muchas personas ahorran o almacenan valor. Ethereum, por su parte, ha revolucionado la manera en que se conciben las economías descentralizadas, ha planteado modelos de negocio los cuales eran impensables y que constituyen una amenaza directa para conglomerados internacionales. Está en juego la privacidad y la integridad de los datos que ofrecemos como personas, por ello considero que es necesario seguir adentrándonos y construyendo en la dirección hacia la que plantea este trabajo.

CAPÍTULO 7. BIBLIOGRAFÍA

1. PwC: el 'blockchain' podría elevar el PIB mundial en 1,5 billones de euros para 2030 en (<https://noticiasbancarias.com/economia-y-finanzas/15/10/2020/pwc-el-blockchain-podria-elevar-el-pib-mundial-en-15-billones-de-euros-para-2030/225017.html>) [Último acceso: 28 de julio 2022]
2. What is blockchain technology en (<https://www.ibm.com/topics/what-is-blockchain>) [Último acceso: 4 de agosto 2022]
3. What is Ethereum en (<https://ethereum.org/es/what-is-ethereum/>) [Último acceso: 7 de agosto 2022]
4. ¿Qué es la criptografía? ¿Cuál es su papel en blockchain? en (<https://www.itdo.com/blog/que-es-la-criptografia-cual-es-su-papel-en-blockchain/>) [Último acceso: 10 de agosto 2022]
5. Que es la criptografía en (<https://ginzo.tech/blog/criptografia/>) [Último acceso: 11 de agosto 2022]
6. Que es un hash y como funciona en (<https://blog.signaturit.com/es/que-es-un-hash>) [Último acceso: 13 de agosto 2022]
7. Hashing and digital signatura in Blockchain en (<https://101blockchains.com/hashing-and-digital-signature-in-blockchain/>) [Último acceso: 13 de agosto 2022]
8. Qué es Proof of Work (PoW) en (<https://academy.bit2me.com/que-es-proof-of-work-pow/>) [Último acceso: 14 de agosto 2022]
9. Qué es minería de criptomonedas en (<https://academy.bit2me.com/que-es-minar-criptomonedas/>) [Último acceso: 17 de agosto 2022]
10. Qué son los forks de criptomonedas en (<https://es.beincrypto.com/aprende/que-son-bifurcaciones-criptomonedas/>) [Último acceso: 18 de agosto 2022]
11. Smart Contracts Que son, como funcionan y que aportan en (<https://academy.bit2me.com/que-son-los-smart-contracts/>) [Último acceso: 20 de agosto 2022]
12. Como funciona la Blockchain en(<https://101blockchains.com/es/como-funciona-blockchain/>) [Último acceso: 20 de agosto 2022]
13. Ventajas de la tecnología Blockchain en (<https://abdatum.com/tecnologia/ventajas-blockchain>) [Último acceso: 21 de agosto 2022]
14. Cuantos tipos de Blockchain existen en (<https://academy.bit2me.com/cuantos-tipos-de-blockchain-hay/>) [Último acceso: 21 de agosto 2022]
15. Características de la tecnología Blockchain en (<https://coinmercury.com/es/ventajas-de-usar-la-tecnolog%C3%ADa-blockchain/>) [Último acceso: 21 de agosto 2022]
16. Que es la cadena de suministros y por qué es tan importante en (<https://blog.gs1mexico.org/qu%C3%A9-es-la-cadena-de-suministro-y-por-qu%C3%A9-es-tan-importante>) [Último acceso: 22 de agosto 2022]
17. Trazabilidad alimentaria en (<https://www.esneca.com/blog/trazabilidad-alimentaria/>) [Último acceso: 22 de agosto 2022]
18. Blockchain Services for Supply Chain en (<https://www.ibm.com/downloads/cas/APGWOG5A>)

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

19. How Walmart brought unprecedented transparency to the food supply chain With Hyperledger Fabric en (<https://www.hyperledger.org/learn/publications/walmart-case-study>) [Último acceso: 24 de agosto 2022]
20. Cargill Delivers Farm to table Blockchain Solution for traceable Turkeys en (<https://www.foodlogistics.com/software-technology/news/12376704/cargill-cargill-delivers-farmtotable-blockchain-solution-for-traceable-turkeys>) [Último acceso: 24 de agosto 2022]
21. Honeysuckle White expands Thanksgiving traceabe turkey program en (<https://www.cargill.com/2018/honeysuckle-white-expands-thanksgiving-traceable-turkey-program>) [Último acceso: 24 de agosto 2022]
22. From Ocean to Table: Bumble Bee uses Blockchain to trace your fish en (<https://medium.com/sap-innovation-spotlight/from-ocean-to-table-bumble-bee-uses-blockchain-to-trace-your-fish-9fa8cb84eb09>) [Último acceso: 24 de agosto 2022]
23. Codex alimentarius comisión (<http://www.fao.org/input/download/report/728/al32REPe.pdf>)
24. Hyperledger Fabric en (<https://www.hyperledger.org/use/fabric>) [Último acceso: 27 de agosto 2022]

ILUSTRACIONES

- Ilustración 2.1. <https://i2.wp.com/ticsyformacion.com/wp-content/uploads/2015/04/transaccion-bitcoin-infografia.png?ssl=1>
- Ilustración 2.2. <https://www.paiementor.com/wp-content/uploads/2020/02/Pictorial-representation-of-a-blockchain-1024x388.png>
- Ilustración 2.3. <https://101blockchains.com/wp-content/uploads/2018/12/historia-de-la-tecnologia-blockchain-1078x516.jpg>
- Ilustración 2.4. <https://101blockchains.com/wp-content/uploads/2020/09/20-USOS-DE-LA-TECNOLOGIA-BLOCKCHAIN.jpg>
- Ilustración 2.5. https://bitpanda-academy.imgix.net/null71071023-8cea-4287-8677-43b8eb8b9059/Bitpanda-Infographics_7-bitcoin-blockchain.png?auto=compress%2Cformat&fit=min&fm=jpg&q=80&w=2100
- Ilustración 2.6. <https://101blockchains.com/es/como-funciona-blockchain/>
- Ilustración 2.7. <https://www.trafimar.com.mx/hs-fs/hubfs/Blog/Cadena%20de%20suministro%20infografia.jpg?width=10950&name=Cadena%20de%20suministro%20infografia.jpg>
- Ilustración 2.8. <https://imgur.com/JoMWvQg>
- Ilustración 2.9. <https://www.hyperledger.org/learn/publications/walmart-case-study>
- Ilustración 2.10. <https://www.foodlogistics.com/software-technology/news/12376704/cargill-cargill-delivers-farmtotable-blockchain-solution-for-traceable-turkeys#&gid=1&pid=1>
- Ilustración 2.11. <https://hswprod.wpengine.com/our-farmers/>
- Ilustración 2.12. <https://www.bumblebee.com/tracemycatch/>
- Ilustración 2.13. <https://www.bumblebee.com/tracemycatch/results>
- Ilustración 2.14. elaboración propia

PRESUPUESTO

CAPÍTULO 1. PRESUPUESTOS PARCIALES

1.1. PROGRAMAS EMPLEADOS

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
1.1	año	Microsoft 365 Personal	1	69,00 €	69,00 €
Total presupuesto parcial nº1 PROGRAMAS EMPLEADOS:					69,00 €

1.2. ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
2.1.	h	Reunión inicial para definir el proyecto a realizar			
	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	2	30,00 €	60,00 €
	h	Ingeniero Industrial	2	60,00 €	120,00 €
Precio Total					180,00 €
2.2.	h	Documentación sobre el sector alimentario			
	h	Búsqueda de información	4	30,00 €	120,00 €
	h	Redacción del texto	8	30,00 €	240,00 €
Precio Total					360,00 €
2.3.	h	Documentación sobre tecnología a emplear			
	h	Búsqueda de información	4	30,00 €	120,00 €
	h	Redacción del texto	10	30,00 €	300,00 €
Precio Total					420,00 €
2.4.	h	Reunión de verificación del trabajo realizado			
	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	2	30,00 €	60,00 €
	h	Ingeniero Industrial	2	60,00 €	120,00 €
Precio Total					180,00 €
Total presupuesto nº2 ANÁLISIS DE LA INDUSTRIA:					1.140,00 €

1.3. GENERACIÓN DE LA METODOLOGÍA A SEGUIR

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
3.1.	h	Generación de la metodología a seguir			
	h	Redacción del texto	3	30,00 €	90,00 €
Precio Total					90,00 €
3.2.	h	Reunión de verificación del trabajo realizado			
	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	1	30,00 €	30,00 €
	h	Ingeniero Industrial	1	60,00 €	60,00 €
Precio Total					90,00 €
Total presupuesto nº3 GENERACIÓN DE LA METODOLOGÍA A SEGUIR:					180,00 €

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

1.4. ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE LA INDUSTRIA

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
4.1.	h	Análisis de las necesidades de la industria			
	h	Búsqueda de información en internet	10	30,00 €	300,00 €
	h	Análisis de la información	17	30,00 €	510,00 €
	h	Redacción del texto	18	30,00 €	540,00 €
Precio Total					1.350,00 €
4.2.	h	Reunión de verificación del trabajo realizado			
	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	5	30,00 €	150,00 €
	h	Ingeniero Industrial	5	60,00 €	300,00 €
Precio Total					450,00 €
Total presupuesto nº4 ANÁLISIS DE LAS NECESIDADES DE LA INDUSTRIA:					1.800,00 €

1.5. ESTUDIO DE LOS RECURSOS DISPONIBLES DE LA INDUSTRIA

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
5.1.	h	Recursos disponibles de la industria			
	h	Búsqueda de información de los recursos	12	30,00 €	360,00 €
	h	Redacción del texto	9	30,00 €	270,00 €
Precio Total					630,00 €
5.2.	h	Reunión de verificación del trabajo realizado			
	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	4	30,00 €	120,00 €
	h	Ingeniero Industrial	4	60,00 €	240,00 €
Precio Total					360,00 €
Total presupuesto nº5 ESTUDIO DE LOS RECURSOS DISPONIBLES DE LA INDUSTRIA:					990,00 €

1.6. TECNOLOGÍA EMPLEADA

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
6.1.	h	Tecnología empleada			
	h	Búsqueda de información sobre la tecnología empleada	7	30,00 €	210,00 €
	h	Redacción del texto	11	30,00 €	330,00 €
Precio Total					540,00 €
6.2.	h	Reunión de verificación del trabajo realizado			
	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	4	30,00 €	120,00 €
	h	Ingeniero Industrial	4	60,00 €	240,00 €
Precio Total					360,00 €
Total presupuesto nº6 TECNOLOGÍA EMPLEADA:					900,00 €

Estudio de la aplicabilidad de la tecnología Blockchain en el sector industrial alimentario para la mejora de la trazabilidad

1.7. ANÁLISIS DE LA SOLUCIÓN TECNOLÓGICA

Código	Ud	Descripción	Medición	Precio (€)	Importe (€)
7.1.	h	Análisis de la solución tecnológica			
	h	Análisis de la solución tecnológica	80	30,00 €	2.400,00 €
				Precio Total	2.400,00 €
7.2.	h	Reunión de verificación del trabajo realizado			
	h	Graduado en Ingeniería en Tecnologías Industriales	10	30,00 €	300,00 €
	h	Ingeniero Industrial	10	60,00 €	600,00 €
				Precio Total	900,00 €
Total presupuesto nº7 SOLUCIÓN TECNOLÓGICA:					3.300,00 €

CAPÍTULO 2. RESUMEN DEL PRESUPUESTO

2.1. PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)

1. Programas empleados	69,00 €
2. Análisis de la industria	1.140,00 €
3. Generación de la metodología a seguir	180,00 €
4. Análisis de las necesidades de la industria	1.800,00 €
5. Estudios de los recursos disponibles de la industria	990,00 €
6. Tecnología empleada	900,00 €
7. Análisis de la solución tecnológica	3.300,00 €
Total:	8.379,00 €

2.2. PRESUPUESTO TOTAL

PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN MATERIAL (PEM)	8.379,00 €
Gastos generales (13% PEM)	1.089,27 €
Beneficio industrial (6% PEM)	502,74 €
PRESUPUESTO BRUTO	9.971,01 €
IVA (21%)	2.093,91 €
PRESUPUESTO DE EJECUCIÓN POR CONTRATA	12.064,92 €

Asciende el presupuesto de ejecución por contrata a la expresada cantidad de **DOCE MIL SESENTA Y CUATRO EUROS CON NOVENTA Y DOS CÉNTIMOS.**