

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

<http://dx.doi.org/10.35381/r.k.v5i2.1074>

Tecnología blockchain en la optimización de una cadena de suministro

Blockchain technology in the optimization of a supply chain

Santiago Morales-Cardoso

smorales@uce.edu.ec

Universidad de Alicante, Alicante
España

<https://orcid.org/0000-0002-3833-9654>

Mario Raúl Morales-Morales

mmorales@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador, Quito
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-7493-8072>

Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo

vwchipuxi@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador, Quito
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0003-1539-3348>

Jhonathan Paucar

jmpaucarm@uce.edu.ec

Universidad Central del Ecuador, Quito
Ecuador

<https://orcid.org/0000-0002-3132-2593>

Recepción: 10 de julio 2020

Revisado: 29 de agosto 2020

Aprobación: 18 de septiembre 2020

Publicación: 02 de octubre 2020

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

RESUMEN

La presente investigación, tiene como objetivo proponer un modelo de cadena de suministro que sea soportado por la tecnología blockchain a través del desarrollo de contratos inteligentes. Se establecen especificaciones funcionales que cumplan con la propuesta a través de la selección de herramientas tecnológicas, para la construcción de un contrato inteligente, en donde se especifica su distribución como: estructuras, variables de estado y funciones, que brindan solución a los requerimientos del modelo en base a un ejemplo realizado en el sector farmacéutico. Simulando la interacción dentro de una red Ethereum de prueba con la finalidad de analizar el flujo de trazabilidad de un producto, a través de la intervención de participantes dentro de la cadena de suministro como pueden ser: fabricantes, proveedores o clientes.

Descriptores: Tecnología; red informática; sistema informático. (Palabras tomadas del Tesoro UNESCO).

ABSTRACT

This research aims to propose a supply chain model that is supported by blockchain technology through the development of smart contracts. Functional specifications are established that comply with the proposal through the selection of technological tools, for the construction of a smart contract where its distribution is specified as structures, state variables, and functions, which provide a solution to the requirements of the model based to an example made in the pharmaceutical sector. Simulating the interaction within a test Ethereum network in order to analyze the traceability flow of a product, through the intervention of participants within the supply chain such as manufacturers, suppliers or customers.

Descriptors: Technology; electronic networking; computer systems. (Words taken from the UNESCO Thesaurus).

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

INTRODUCCIÓN

Actualmente, la cadena de suministro es cada vez más compleja en su estructura, difícil en términos de tareas, y diversa en términos de las partes interesadas. Muchas organizaciones no logran tener una visión integrada de toda la cadena de suministro (Helo & Hao, 2019). Es por tal motivo, que surge la necesidad de hacer uso de nuevas tecnologías que permitan el manejo eficaz de todos los procesos participes dentro de una cadena de suministro.

Gracias a la popularidad alcanzada por bitcoin, la tecnología blockchain ha atraído la atención de varios sectores (Viriyasitavat & Hoonsopon, 2019), al permitir un consenso distribuido donde cada transacción en línea puede verificarse en cualquier momento (Crosby, Pattanayak, Verma, & Kalyanaraman, 2016), sin la necesidad de un intermediario y sobre todo garantizando que la información sea inmutable, confiable y segura (Retamal, Roig, & Muñoz, 2017).

En la actualidad existen múltiples blockchain que abarcan diferentes servicios. Ethereum es una de ellas, maneja contratos inteligentes que se pueden desarrollar en su plataforma y que permiten descentralizar todos los datos que intervienen en las transacciones que se realizan, de igual forma protege la información dentro de la cadena de bloques, concediendo total transparencia para las partes involucradas (Miranda Palacios, 2018). El presente trabajo, propone un modelo de cadena de suministro que se basa en blockchain o cadena de bloques como posible alternativa a una cadena de suministro tradicional, donde cada organización por lo general maneja su propio sistema y depende mucho de su antecesor o antecesores para adquirir información relevante para los distintos procesos que se manejen. A través de esta nueva tecnología se busca verificar la factibilidad de analizar la trazabilidad de un producto a lo largo de una cadena de suministro, simulando en un entorno virtual como sería el uso de esta tendencia en la vida real.

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

Blockchain

Una cadena de bloques o blockchain, es una tecnología descentralizada que tuvo sus inicios en el año 2008 después que un individuo o grupo escrito con el seudónimo de Satoshi Nakamoto publique el siguiente artículo “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System” (Nakamoto, 2008).

Blockchain trata esencialmente de una base de datos de registros distribuida (Nizamuddin, Salah, Ajmal Azad, Arshad, & Rehman, 2019), en la cual se almacena información de manera independiente a través de cada bloque dentro de la cadena, que puede ser compartida por una gran cantidad de usuarios en forma *peer-to-peer* (Retamal et al., 2017) y las entidades participantes no necesitan de un intermediario que valide una transacción.

Una cadena de bloques se encuentra constituida por dos componentes:

- Transacción: Representa la acción activada por parte del copartícipe dentro de la cadena de bloques (Patil & Puranik, 2019).
- Bloque: Es una recopilación de datos que registra la transacción y otros detalles asociados, como la secuencia correcta, el tiempo de creación, etc. (Patil & Puranik, 2019).

Dentro del funcionamiento de blockchain como se indica en la figura 1, se ordena las transacciones en grupos que se denominan bloques y cada bloque mantiene una conexión con un bloque anterior por medio del hash criptográfico manteniendo un orden cronológico y lineal (Crosby et al., 2016), que se van agregando mediante el protocolo de consenso, que consiste en elegir a un nodo dentro de los participantes para proponer el siguiente bloque dentro de la cadena y se da una recompensa al ganador evitando que exista un único actor de la creación de nuevos bloques (Allende López & Colina Unda, 2017).

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

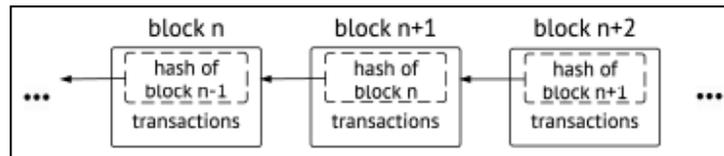


Figura 1. Estructura de cadena de bloques.

Fuente: Christidis & Devetsikiotis (2016).

Contratos inteligentes

Un contrato inteligente o smart contract es un protocolo de computadora que simula un contrato real (Helo & Hao, 2019). Los componentes en un contrato inteligente son:

- Variables: Pueden almacenar cualquier tipo de datos e indican los valores que pueden cambiar, según las condiciones especificadas (Nizamuddin et al., 2019).
- Métodos: Están directamente relacionado a la funcionalidad del contrato, que pueden ser ejecutados por una entidad o varias (Nizamuddin et al., 2019).
- Modificadores: Permiten transformar el comportamiento de un contrato, se los usa para especificar o verificar una condición antes de la ejecución del contrato (Nizamuddin et al., 2019).

Ethereum

Ethereum es una máquina de estado determinista ilimitada, que consiste en un estado de acceso único global y una máquina virtual que aplica cambios a ese estado (Antonopoulos & Wood, 2018).

La plataforma que maneja ethereum permite a los desarrolladores crear potentes aplicaciones descentralizadas con funciones económicas integradas. Proporciona alta disponibilidad, capacidad de auditoría, transparencia y neutralidad (Antonopoulos & Wood, 2018).

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

Ethereum tiene una criptomoneda nativa llamada *ether* (ETH), que es dinero digital y se puede enviar a cualquier parte del mundo de forma instantánea. La moneda electrónica ETH no está supervisada por ningún gobierno o empresa, está descentralizada. Personas alrededor de todo mundo utilizan ETH para realizar pagos, como depósito de valor o como garantía, etc. (Ethereum, 2015).

Cadena de suministro

La cadena de suministro o supply chain, es una red de organizaciones y procesos de negocios para la adquisición de materias primas, transformación en productos semielaborados o terminados, o a su vez procesos de distribución a minoristas o clientes (Laudon & Laudon, 2016). Una cadena de suministro está conformada por todos los coparticipes en la complacencia de cualquier petición realizada por uno o varios clientes. Las partes que hacen que la cadena de suministro se mantenga perfectamente sincronizada pueden ser: fabricantes, proveedores, mayoristas, comerciantes al detalle e incluido los clientes finales (Chopra & Meindl, 2008).

La integración de todos estos actores permite que en primera instancia se adquiera a los proveedores los suministros o materias primas y a medida que avanza los fabricantes transformen estos suministros en productos semielaborados o intermedios para luego convertirse en un producto final. Luego, intervienen los mayoristas que manejan el proceso de entrega de los productos a los puntos de entrega o centros de distribución, donde los detallistas también conocidos como comerciantes son los puntos de contacto para la venta a los clientes o consumidores (Laudon & Laudon, 2016). La interacción de los coparticipes dentro de una cadena de suministro se lo puede visualizar en la figura 2.

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

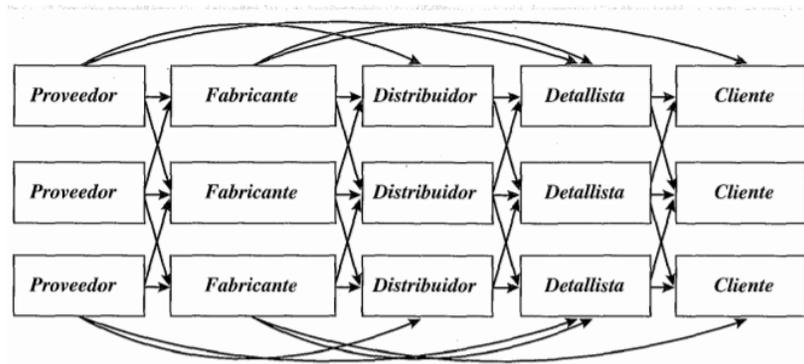


Figura 2. Flujo de la cadena de suministro.
Fuente: Cachon & Fisher (2000).

Gestión de la cadena de suministro

Dentro de una cadena de suministro pueden existir ineficiencias como escasez de materia prima, excesivos gastos de distribución o inventario en exceso de productos terminados. Ineficiencias como éstas desperdician alrededor de un 25% de los costos de operación de una organización (Morales & Morales, 2017). Por tal motivo, es necesario del manejo y administración de una cadena de suministro o supply chain management (SCM), la cual es definida por el Council of Logistics Management como “la coordinación sistemática y estratégica de las funciones de negocio tradicional y las tácticas utilizadas a través de esas funciones de negocio, al interior de una empresa y entre los diferentes procesos de la cadena de suministro, con el fin de mejorar el desempeño en el largo plazo tanto de la empresa individualmente como de toda la cadena de suministro en general” (Correa Espinal, Andrés, & Montoya, 2017). De modo que se transforma en el medio para alcanzar la integración adecuada de una cadena de suministro y que exista información precisa en tiempo real (Laudon & Laudon, 2016).

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

METODOLOGÍA

El presente trabajo se ha considerado orientarlo por el método descriptivo con énfasis en la investigación aplicada, debido a que tiene como finalidad solucionar un problema industrial, por lo que sus resultados se traducen en soluciones a manera de productos tecnológicos tangibles o intangibles (Zapatero Campos, 2010). Los pasos que se plantean para el desarrollo del modelo propuesto se indican a continuación:

- Descripción del modelo requerido: Se describe el modelo a proponer, el cual abarca un panorama general de la cadena de suministro, sus características funcionales y técnicas; a su vez es el modelo que se utilizará como referencia a lo largo del desarrollo del contrato inteligente.
- Selección de herramientas tecnológicas: Se realiza una evaluación de los distintos componentes tecnológicos que son necesarios para estructurar, compilar y desplegar un contrato inteligente.
- Especificaciones funcionales: Se describe las necesidades a resolver dentro del modelo, a través de distintos mecanismos que permitan el registro de información, la validación de ésta y que permita consultar en tiempo real la información ingresada.
- Construcción de un contrato inteligente: Se define el ambiente de trabajo y la estructura de directorios. A continuación, se explica la codificación del contrato inteligente en base a las especificaciones funcionales, se describe cada elemento que compone al contrato y cuál es su funcionalidad dentro del mismo. Después, se detalla los pasos a seguir para compilar y desplegar a una red ethereum de prueba de modo que permita la interacción con el contrato inteligente.
- Interacción con el contrato inteligente: Se detallan los resultados del contrato inteligente en base al modelo propuesto. Para efectos prácticos se realiza un ejemplo enfocado en el sector farmacéutico.

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

RESULTADOS

Descripción del modelo

Uno de los factores importantes a estudiar es la trazabilidad de un artículo a través de la cadena de suministro, por tanto, para este análisis es necesario plantear en un entorno virtual un modelo de cadena de suministro basado en tecnología blockchain que simule la interacción de los copartícipes en la vida real. Este modelo se lo puede observar en la figura 3.

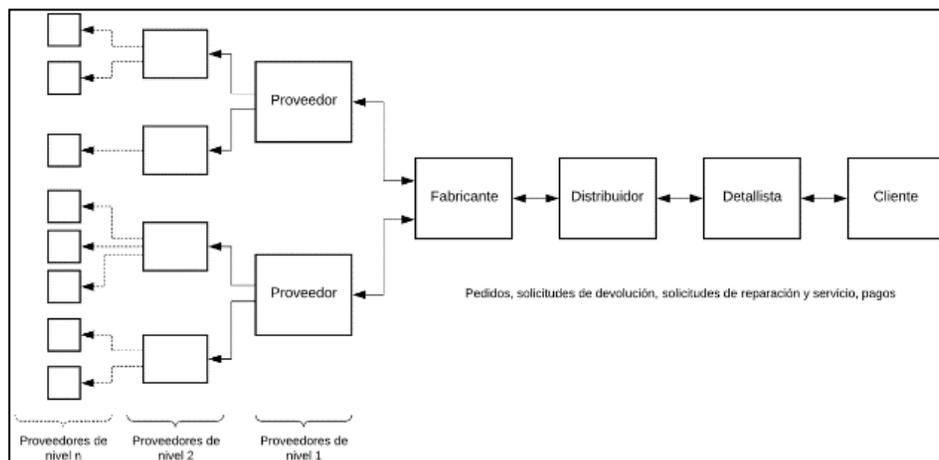


Figura 3. Modelo de cadena de suministro.

Fuente: Elaboración propia.

Especificaciones funcionales

El objetivo es analizar la trazabilidad de un artículo dentro de la cadena de suministro, de manera que se pueda seguir los distintos procesos existentes entre los diferentes participantes, para lo cual se ha planteado los siguientes requerimientos funcionales que debe cumplir el contrato inteligente:

- Mecanismos de registro de información: Registrar los datos relevantes del artículo, de los participantes y de las órdenes que son creadas, de modo que guarde esta información en una estructura elemental previamente creada, la cual represente el componente respectivo dentro de la cadena de suministro.

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

- Mecanismos de validaciones: Validar que la información sea íntegra en cada uno de sus componentes. Es decir que no permita la duplicidad en sus valores únicos.
- Mecanismos de consulta: Debe existir la posibilidad que cualquier participante en la cadena de suministro pueda consultar información dentro de la red Ethereum, por lo que se deben crear mecanismos de consultas que permitan buscar información a través de un identificador que puede ser: código, nombre, etc.

Para el análisis de la trazabilidad que expone el proceso completo de la obtención de un artículo desde el punto inicial, es necesario tener un mecanismo de consulta a través de un código de barras, dado que es un identificador único del artículo, de forma que permita visualizar la trazabilidad del mismo.

Estos requerimientos funcionales se han diseñado de modo general, ya que el propósito es plantear un modelo genérico que pretende ser un punto de partida, para que distintas organizaciones puedan adaptar este modelo a sus intereses y consigan extender los campos de las estructuras o de los mecanismos antes mencionados, según la necesidad de la organización.

Construcción del contrato inteligente

Para la construcción del smart contract que cumpla con las especificaciones funcionales se realiza la selección de herramientas tecnológicas y se define un proceso a seguir que se lo puede visualizar en la figura 4, en donde el primer paso es codificar en visual studio code el contrato inteligente en base a los requerimientos planteados, el siguiente paso será compilarlo y desplegarlo sustentándose en la herramienta truffle para después integrarlo a la red Ethereum de prueba en conjunto con el software Ganache y finalmente se pueda interactuar con el contrato inteligente con la ayuda de las herramientas mencionadas.

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

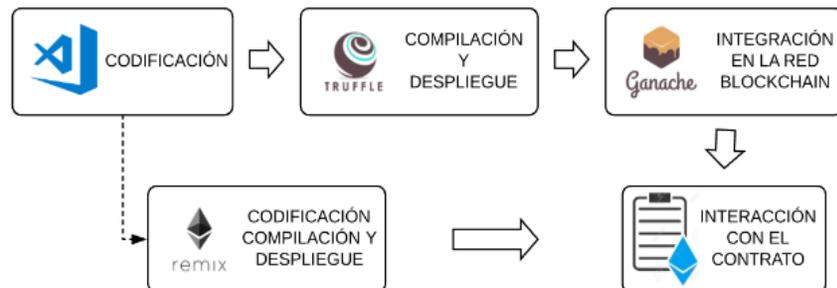


Figura 4. Proceso de construcción del smart contract.

Fuente: Elaboración propia.

Codificación

Blockchain ha tenido un gran potencial para generar cambios positivos, por tanto, existe una gran gama de aplicaciones en varias industrias dentro del mercado como: industrias alimenticias, automotrices, farmacéuticas o de consumo masivo. Para demostrar la hipótesis planteada en esta investigación se plantea como ejercicio de estudio la industria farmacéutica, asumiendo por ejemplo la comercialización de un producto llamado Amoxicilina, el cual es un medicamento que participará a lo largo de la cadena de suministro, para lo cual es necesario definir los siguientes componentes en el contrato inteligente:

- Estructuras: Dentro de una estructura se definen las características propias de cada una. Para el contrato inteligente se han definido cuatro: artículo, proveedor, orden y trazabilidad.
- Variables de estado: Se han definido cuatro variables que permitan almacenar información correspondiente de cada una de las estructuras mencionadas. Dichas variables estarán permanentemente almacenadas, de modo que se puedan utilizar dentro de funciones para guardar o modificar la información correspondiente.
- Funciones: Se plantean funciones que permitan la interacción de participantes en la cadena de suministro. Como se ha mencionado, el objetivo es proponer un modelo que sea adaptable dependiendo la necesidad, por lo que las funciones que se detallan

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

en la figura 5, son las funciones que se han determinado para que alcance a cubrir las especificaciones funcionales.

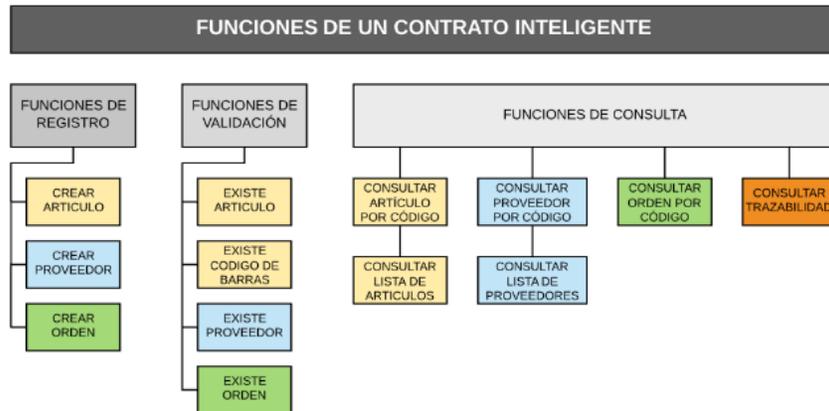


Figura 5. Funciones del contrato inteligente.

Fuente: Elaboración propia.

Compilación y despliegue

Para la compilación del contrato inteligente se hace uso de los comandos otorgados por framework truffle para la construcción del proyecto donde se alojan los artefactos o archivos que hacen referencia a cada contrato inteligente desarrollado.

Con los artefactos compilados se realiza el despliegue a través de los archivos de migración que brinda truffle, en los cuales se realizan las configuraciones pertinentes para la implementación de los contratos inteligentes con la red ethereum de prueba.

Interacción con el contrato inteligente

Después de realizar el despliegue del contrato inteligente en una red de prueba de Ethereum, se puede interactuar con él y las distintas funcionalidades que fueron desarrolladas, para lo cual en la figura 6, se puede visualizar un ejemplo genérico de lo

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
 Jhonathan Paucar

que sería el proceso para la comercialización de un producto dentro de una cadena de suministro.

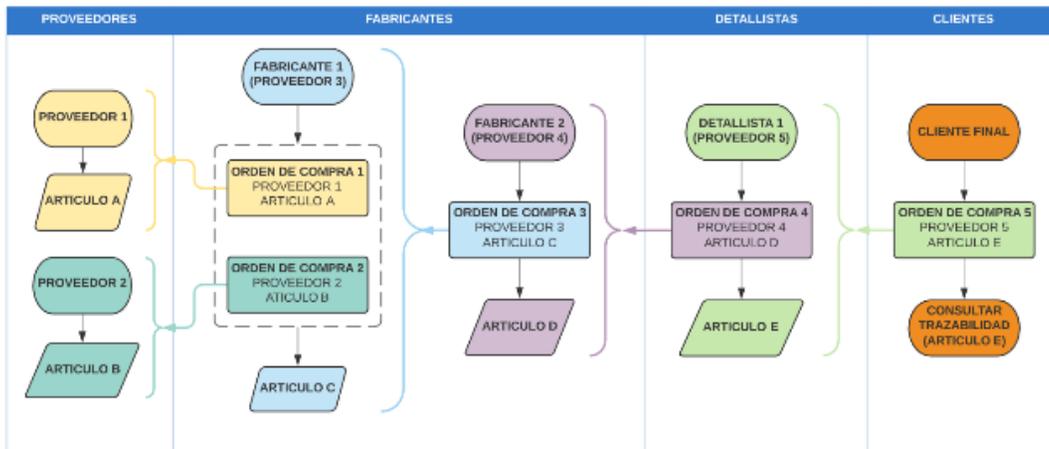


Figura 6. Ejemplo genérico de cadena de suministro.
Fuente: Elaboración propia.

Se ha realizado la interacción del contrato inteligente en base a la comercialización del producto Amoxicilina. Si bien para la fabricación de este medicamento, es necesario de varios materiales o excipientes, para efectos prácticos en este ejemplo, se ha escogido dos de sus componentes químicos principales.

- Almidón Sodio Glicolato
- Lactosa Monohidrato

A. Compra de Almidón Sodio Glicolato

Para generar la orden de compra del mencionado excipiente, es necesario registrar los siguientes componentes en la cadena de bloques:

- Proveedor: (99_IC) Indian Chemistry.
- Artículo: (EX_ASG) Almidón Sodio Glicolato.
- Orden: se realiza la orden "IMP-2019-IC", donde se escoge el proveedor y el artículo correspondiente.

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

B. Compra de Lactosa Monohidrato

De igual manera que en el caso anterior para generar la compra de este excipiente, es necesario registrar los siguientes componentes:

- Proveedor: (52_IL) ISSE LABS.
- Artículo: (PA_LM) Almidón Sodio Glicolato”.
- Orden: se realiza la orden “IMP-2019-IL”, donde se escoge el proveedor y el artículo correspondiente.

C. Fabricación de la medicina Amoxicilina

Una vez realizada la compra de las materias primas para elaborar el producto semielaborado amoxicilina, se procede con la fabricación de tal manera que se registran los siguientes componentes en la cadena de bloques:

- Artículo: (POLV_AMOX) Amoxicilina.
- Fabricante: (86_MINT) Mintlab.

D. Maquila del medicamento Amoxicilina

Luego el maquilador realiza el proceso de compra de este producto semielaborado a través de la orden de compra:

- Orden: se genera la orden del producto semielaborado “IMP-2019-MIN”.

A continuación, se realiza el registro de maquila del medicamento dentro de la red con los siguientes componentes:

- Artículo: (BLIST_AMOX) Blister Amoxicilina.
- Maquilador: (81_MEX) Mexenil.

E. Distribución al intermediario

El distribuidor realiza la compra del producto empacado a través de la orden de compra:

- Orden: se genera la orden del producto empacado “IMP-2019-MEX”.

Se realiza el chequeo del producto empacado para posteriormente registrar el producto final en la red de bloques

- Artículo: (PT_AMOX) Amoxicilina 50G 1CAJAX20U.
- Distribuidor: (593_MSP) MSP Ecuador.

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

F. Comercialización al cliente final

Finalmente, los clientes hacen consumo del producto final registrando la orden de compra:

- Orden: se genera la orden del producto final “IMP-2019-MSP”.

De esta manera el flujo de información que se ha generado a lo largo de la cadena de suministro se encuentra dentro del blockchain. Este flujo se la puede ver en la figura 7.

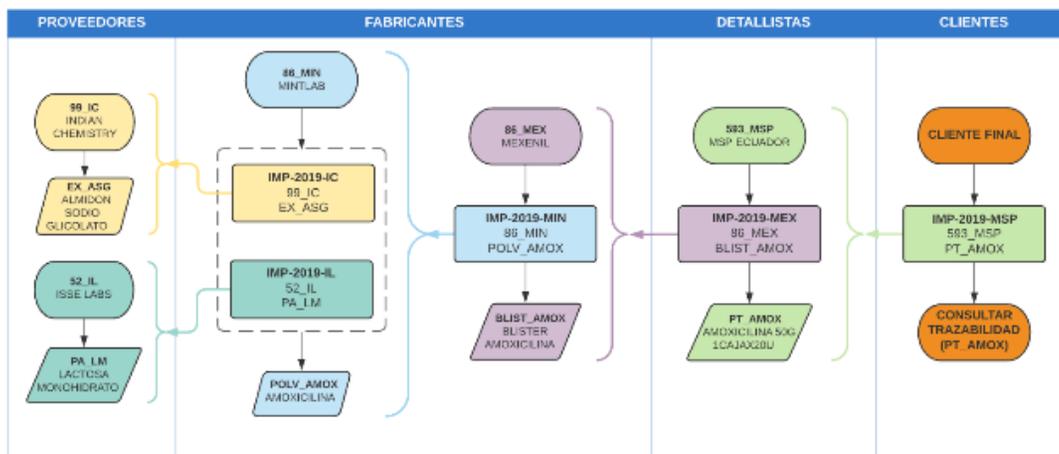


Figura 7. Flujo de interacción de ejemplo práctico.

Fuente: Elaboración propia.

Funciones de consulta y trazabilidad de la información

Cada uno de los participantes pueden consultar la información que fue registrada dentro de la red de ethereum en cualquier momento que se solicite. Los participantes de la cadena de suministro podrán consultar siempre y cuando tengan los parámetros necesarios para llamar a las funciones que realizan estas operaciones. Para el análisis de la trazabilidad la función *consultarTrazabilidad*, permite visualizar de manera regresiva todos los artículos que intervinieron a lo largo de la cadena de suministro consultando por un código de barras del artículo a consultar.

Como resultado se obtendrá toda la información como: artículos, proveedores y órdenes, que se presenta acorde al orden que fue interactuando en la cadena de suministro. La

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

trazabilidad del artículo Amoxicilina 50 mg 1 caja por 20 unidades se lo puede observar en la figura 8.

```
truffle(development)> SupplyChain.then(function(instance){return
instance.consultarTrazabilidad("CODAMOX50.CERTCO20192411001")})
[ [ indiceTrazabilidad: '1',
  codigoBarrasArticulo: 'CODDXASG.CERTGP20192411001',
  descripcionArticulo: 'Almidon Sodio Glicolato',
  codigoOrden: 'IMP-2019-IC',
  descripcionProveedor: 'Indian Chemistry',
  certificadoArticulo: 'CERTGP20192411001',
  loteTrazabilidad: 'L.IC20191209' ],
  [ indiceTrazabilidad: '2',
  codigoBarrasArticulo: 'CODPALM.CERTGP20192411001',
  descripcionArticulo: 'Lactosa Monohidrato',
  codigoOrden: 'IMP-2019-IL',
  descripcionProveedor: 'ISSE LABS',
  certificadoArticulo: 'CERTGP20192411001',
  loteTrazabilidad: 'L.IC20191209' ],
  [ indiceTrazabilidad: '3',
  codigoBarrasArticulo: 'CODAMOXPOLV.CERTAU20192411001',
  descripcionArticulo: 'Amoxicilina',
  codigoOrden: 'IMP-2019-MIN',
  descripcionProveedor: 'MINTLAB',
  certificadoArticulo: 'AU20192411002',
  loteTrazabilidad: 'L.PE20191209' ],
  [ indiceTrazabilidad: '4',
  codigoBarrasArticulo: 'CODMAQAMOX.CERTCH20192411001',
  descripcionArticulo: 'Blister Amoxicilina',
  codigoOrden: 'IMP-2019-MEX',
  descripcionProveedor: 'MEXENIL',
  certificadoArticulo: 'CH20192411002',
  loteTrazabilidad: 'L.COL20191209' ],
  [ indiceTrazabilidad: '5',
  codigoBarrasArticulo: 'CODAMOX50.CERTCO20192411001',
  descripcionArticulo: 'AMOXICILINA 50G 1CAJAX20U',
  codigoOrden: 'IMP-2019-MSPCOL',
  descripcionProveedor: 'MSP ECUADOR',
  certificadoArticulo: 'CO20192411002',
  loteTrazabilidad: 'L.EC20191209' ] ]
```

Figura 8. Trazabilidad del artículo de ejemplo práctico.
Fuente: Elaboración propia.

DISCUSIÓN

Con la información obtenida durante la investigación, se puede corroborar que la tecnología blockchain brinda varias mejoras sobre el enfoque tradicional, generando una orientación nueva que tiene el fin de cambiar los paradigmas en cada una de las acciones en la gestión y administración de la cadena de suministro, a manera de tener un mayor control en la gestión de la trazabilidad de la información.

El presente trabajo propuso un modelo con atributos generales en el que se aseguró la trazabilidad de un artículo dentro de la cadena de suministro, aplicándolo a un caso de uso dentro de la industria farmacéutica. Sin embargo, los atributos de cada una de las

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

estructuras planteadas en el modelo pueden extenderse o adaptarse a la necesidad de la empresa que así lo requiere.

Blockchain en la cadena de suministro: La forma tradicional de cómo se gestiona la cadena de suministro actualmente tiene varias falencias o barreras, las cuales se deben superar, por ejemplo: asegurar la trazabilidad de los productos originados por cada empresa o la utilización de intermediarios que ayuden a intervenir las transacciones entre industrias.

El auge de la tecnología blockchain ha crecido en los últimos años, debido a que esta tecnología permite realizar transacciones seguras sin necesidad de un tercero que gestione dicho proceso, blockchain al ser una tecnología *peer-to-peer*, permite realizar cualquier tipo de transacción de manera global y segura, debido a que utiliza algoritmos criptográficos complejos y que es una tecnología que se acopla perfectamente al enfoque que tiene la revolución industrial 4.0.

Ethereum una nueva tendencia del Blockchain: Dada la acogida de la tecnología blockchain, surgieron nuevas tendencias que acogieron la misma, entre estas se encuentra ethereum, la cual tiene una visión que va mucho más allá de las criptomonedas y transacciones financieras. Ethereum otorga la posibilidad de crear contratos inteligentes que se ejecutan y son capaces de cumplir por sí mismas cláusulas con la lógica de ser autónomas.

CONCLUSIONES

Para establecer la propuesta de un modelo de cadena de suministro se desarrolló un contrato inteligente, que permita el registro de artículos, proveedores y órdenes de compra, los cuales abarcan dentro de cada una de sus estructuras correspondientes la información pertinente, de manera que permita solventar las especificaciones funcionales planteadas inicialmente.

Se verificó la viabilidad de utilizar la tecnología blockchain en la cadena de suministro, pese a que se planteó un modelo con atributos básicos en las estructuras que intervienen

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

en la cadena de suministro, se observó que el modelo es flexible y moldeable a las necesidades de cualquier empresa dentro del mercado.

Utilizar tecnología blockchain en la cadena de suministro representa un gran salto en las industrias como actualmente las conocemos, debido a que asegura la calidad de la información, a través del principio de inmutabilidad de datos, así como también la eliminación de intermediarios al momento de realizar transacciones.

Al incluir la tecnología blockchain dentro de una cadena de suministro se comprobó que se puede seguir la trazabilidad de un producto, partiendo de la adquisición de materias primas hasta la venta del producto culminado al cliente final, otorgando una visión más amplia sobre el producto que se está consumiendo tales como: datos del proveedor, características de fabricación, certificado de calidad, entre otros.

Este estudio resume los componentes más importantes que fueron desarrollados en su totalidad en el trabajo de tesis de (Chipuxi & Paucar, 2020).

FINANCIAMIENTO

No monetario

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Central del Ecuador, Quito; por motivar el desarrollo de la investigación.

REFERENCIAS CONSULTADAS

Allende López, M., & Colina Unda, V. (2017). Blockchain: Cómo desarrollar confianza en entornos complejos para generar valor de impacto social. In *Banco Interamericano de Desarrollo*. <https://doi.org/10.18235/0001139>

Antonopoulos, A., & Wood, G. (2018). *Mastering ethereum: building smart contracts and dapps*. O'Reilly Media.

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

- Cachon, G. P., & Fisher, M. (2000). Supply chain inventory management and the value of shared information. *Management Science*, 46, 1032–1048. <https://doi.org/10.1287/mnsc.46.8.1032.12029>
- Chipuxi, V., & Paucar, J. (2020). *Propuesta de un modelo de cadena de suministro basado en tecnología blockchain*. Retrieved from <https://n9.cl/et5z>
- Chopra, S., & Meindl, P. (2008). *Administración de la cadena de suministro*. Pearson Educación.
- Christidis, K., & Devetsikiotis, M. (2016). Blockchains and Smart Contracts for the Internet of Things. *IEEE Access*, 4, 2292–2303. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2016.2566339>
- Correa Espinal, A., Andrés, R., & Montoya, G. (2017). Information Technologies in Supply Chain Management. *Dyna*, 76, 37–48. Retrieved from <https://n9.cl/397xg>
- Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S., & Kalyanaraman, V. (2016). BlockChain Technology: Beyond Bitcoin. *Applied Innovation*, 2, 71. Retrieved from <https://n9.cl/kinvv>
- Ethereum. (2015). Ethereum. Retrieved from <https://ethereum.org>
- Helo, P., & Hao, Y. (2019). Blockchains in operations and supply chains: A model and reference implementation. *Computers & Industrial Engineering*, 136, 242–251. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2019.07.023>
- Laudon, K. C., & Laudon, J. P. (2016). *Sistemas de información gerencial*. Pearson Educación.
- Miranda Palacios, V. (2018). *Explorando la Blockchain de Ethereum y el desarrollo de smart contracts* (Universitat Politècnica de Catalunya). Universitat Politècnica de Catalunya. Retrieved from <https://n9.cl/hiv61>
- Morales, M., & Morales, S. (2017). *Sistemas y Aplicaciones Empresariales*. Editorial Académica Española.
- Nakamoto, S. (2008). *Bitcoin: un sistema de dinero en efectivo electrónico peer-to-peer*. Retrieved from <https://n9.cl/81d0b>

Santiago Morales-Cardoso; Mario Raúl Morales-Morales; Vilmar Wladimir Chipuxi-Trujillo;
Jhonathan Paucar

- Nizamuddin, N., Salah, K., Ajmal Azad, M., Arshad, J., & Rehman, M. H. (2019). Decentralized document version control using ethereum blockchain and IPFS. *Computers & Electrical Engineering*, 76, 183–197. <https://doi.org/10.1016/j.compeleceng.2019.03.014>
- Patil, S. S., & Puranik, P. Y. L. (2019). Blockchain Technology. *International Journal of Trend in Scientific Research and Development*, Volume-3(Issue-4), 573–574. <https://doi.org/10.31142/ijtsrd23774>
- Retamal, C. D., Roig, J. B., & Muñoz, J. L. (2017). La blockchain: fundamentos, aplicaciones y relación con otras tecnologías disruptivas. *Economía Industrial*, 405, 33–40. Retrieved from <https://n9.cl/kinvv>
- Viriyasitavat, W., & Hoonsopon, D. (2019). Blockchain characteristics and consensus in modern business processes. *Journal of Industrial Information Integration*, 13, 32–39. <https://doi.org/10.1016/j.jii.2018.07.004>
- Zapatero Campos, J. A. (2010). *Fundamentos de investigación para estudiantes de ingeniería* (Tercer Escalón, Ed.).