



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL  
CARRERA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**MODELO COMPUTACIONAL PARA LA TRAZABILIDAD DE  
PRODUCTOS FARMACÉUTICOS MEDIANTE TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero de Sistemas

AUTOR: WASHINGTON DAMIAN CALLE TAPIA

TUTOR: JOE FRAND LLERENA IZQUIERDO

Guayaquil – Ecuador

2022

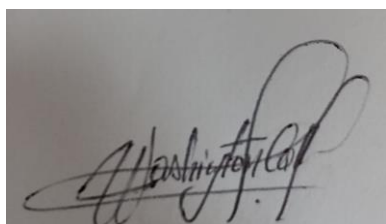
## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Washington Damian Calle Tapia con documento de identificación N° 0931475057 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Guayaquil, 1 de julio del año 2022

Atentamente,



---

Washington Damian Calle Tapia

0931475057

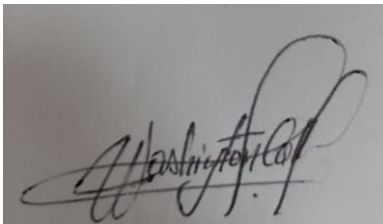
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Washington Damian Calle Tapia con documento de identificación No. 0931475057, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor(a) del Artículo Académico: “Modelo computacional para la trazabilidad de productos farmacéuticos mediante tecnología Blockchain”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero de Sistemas, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 1 de julio del año 2022

Atentamente,



---

Washington Damian Calle Tapia

0931475057

## CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Joe Frand Llerena Izquierdo con documento de identificación N° 0914884879, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: Modelo computacional para la trazabilidad de productos farmacéuticos mediante tecnología Blockchain, realizado por Washington Damian Calle Tapia con documento de identificación N° 0931475057, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Artículo Académico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Guayaquil, 1 de julio del año 2022

Atentamente,

Handwritten signature in blue ink, reading "Joe Frand Llerena Izquierdo".

---

Joe Frand Llerena Izquierdo

0914884879

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mis hermanos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Finalmente quiero dedicarle esposa e hijo, por extender el amor brindado cada día.

## **AGRADECIMIENTO**

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes, mi profundo agradecimiento a todas las autoridades y personal que hacen la Unidad Politécnica Salesiana.

De igual manera mis agradecimientos a mis profesores quienes con la enseñanza de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias por su paciencia, dedicación, apoyo incondicional y amistad.

## RESUMEN

Las actuales cadenas de suministro son centralizadas, costosas y no tienen un adecuado conjunto de rastreo o trazabilidad para confirmar la autenticidad de los medicamentos, todos los interesados pueden experimentar problemas, por supuesto los consumidores pueden desconfiar sobre la autenticidad de su fármaco. Una cadena de suministro inicia la actualización del estado de los productos en todos los puntos de control, el uso de Blockchain minimiza los problemas y maximiza los beneficios en forma eficiente. El objetivo es diseñar un modelo computacional para procesos de trazabilidad de productos farmacéuticos mediante la tecnología Blockchain. Como metodología para la propuesta de diseño del modelo computacional se utiliza el método empírico analítico, de tipo cuasi experimental con enfoque cualitativo para el análisis minucioso de los artículos científicos, en busca de elementos en las arquitecturas y se revisa las bibliotecas virtuales. En los resultados se identificaron 39 trabajos relevantes sobre Blockchain para un análisis de los modelos de trazabilidad, se diseñó un modelo computacional de trazabilidad para productos farmacéuticos basado en Hyperledger Blockchain, se obtuvo 15 artículos científicos que tienen un nivel de incidencia óptima dentro del mismo alcance que el modelo computacional. Se concluye que esta cadena de suministro basada en Hyperledger Blockchain brinda confidencialidad, integridad, disponibilidad, inmutabilidad, privacidad y transparencia para confiabilidad de los consumidores de productos farmacéuticos.

**Palabras claves:** Blockchain, Trazabilidad, Productos farmacéuticos, Sistemas distribuidos.

## ABSTRACT

The current supply chains are centralized, expensive and do not have an adequate tracking or traceability set to confirm the authenticity of medicines, all stakeholders can experience problems, of course consumers can be suspicious about the authenticity of their drug. A supply chain initiates updating the status of products at all checkpoints, the use of Blockchain minimizes problems and maximizes profits efficiently. The objective is to design a computational model for traceability processes of pharmaceutical products through Blockchain technology. As a methodology for the design proposal of the computational model, the analytical empirical method is used, of a quasi-experimental type with a qualitative approach for the detailed analysis of scientific articles, in search of elements in the architectures and virtual libraries are reviewed. In the results, 39 relevant works on Blockchain were identified for an analysis of traceability models, a computational traceability model for pharmaceutical products based on Hyperledger Blockchain was designed, 15 scientific articles were obtained that have an optimal incidence level within the same scope than the computational model. It is concluded that this supply chain based on Hyperledger Blockchain provides confidentiality, integrity, availability, immutability, privacy, and transparency for the reliability of consumers of pharmaceutical products.

**Key words:** Blockchain, Hyperledger, Traceability, Pharmaceutical products, Distributed systems.



## ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN .....	10
2. REVISIÓN DE LITERATURA .....	12
2.1. Una mirada a la tecnología Blockchain.....	12
2.2. Aplicación de Blockchain en productos farmacéuticos .....	12
3. METODOLOGÍA .....	15
4. RESULTADOS.....	17
4.1. Identificación de trabajos relevantes sobre Blockchain para un análisis de los modelos de trazabilidad existentes mediante una revisión de literatura. ....	17
4.2. Diseño de un modelo computacional de trazabilidad para productos farmacéuticos valorando como soporte la tecnología Blockchain. ....	21
4.3. Contrastar la propuesta de estudio para estimar el nivel de incidencia óptima mediante la comparación de trabajos relevantes en el mismo alcance. ....	24
5. DISCUSIÓN .....	25
6. CONCLUSIÓN.....	27
REFERENCIAS .....	28

## 1. INTRODUCCIÓN

Entre el 10 y 30% de productos farmacéuticos o medicamentos son de procedencia dudosa, esto es un problema global muy relevante (Melendrez-Caicedo & Llerena-Izquierdo, 2022); estandarizar la seguridad de los datos que pertenecen a los medicamentos es una tarea muy compleja debido al crecimiento desmedido de las farmacias en Internet; es sencillo que el medicamento falsificado entre en las cadenas de distribución de productos genuinos, la seguridad de información que pertenece a una cadena de suministro de productos farmacéuticos es un principal desafío en la salud pública (Raxit et al., 2021)(Narvárez Picón, 2021)(Guaranda Lara, 2021).

Se afirma que el seguimiento o trazabilidad de los medicamentos es una característica importante para certificar la entrega confiable e inequívoca de dichos medicamentos, aquí la vida de un producto farmacéutico inicia con los fabricantes, luego estos se entregan a los distribuidores, hasta llegar a los pacientes; es decir el rastreo del medicamento debe ser en toda la cadena de distribución (Debe et al., 2020)(Moncayo Ronquillo, 2021).

Blockchain se utiliza en áreas como finanzas, seguridad, productos de alimentos, agricultura y salud. Blockchain es utilizado en la industria farmacéutica para la entrega segura de medicamentos, y existe la continua necesidad de mantener la seguridad y validación de los productos farmacéuticos que son distribuidos y vendidos a los consumidores finales; otra necesidad es rastrear los productos farmacéuticos en la cadena de suministro, y es un desafío el rastrear un producto en una fecha límite adecuado (Guaman Villalta, 2021)(de la Nube Toral Sarmiento et al., 2018). Además la industria farmacéutica es uno de los ejes en los sistemas de salud donde existen varios participantes públicos y privados que investigan, fabrican y comercializan medicamentos a nivel global o local, y se afirma que es una industria de vertiginoso crecimiento (Premkumar & Srimathi, 2020). La gestión del almacenamiento de los productos farmacéuticos es otro desafío en que Blockchain permite el seguimiento y soluciones (Meyliana et al., 2021).

Blockchain es utilizado en India para evitar la falsificación de medicamentos (Sahoo et al., 2019), en Indonesia para el control de calidad en la fabricación de alimentos (Meyliana et al., 2021).

En la distribución de medicamentos existen vulnerabilidades como la transferencia de los productos farmacéuticos a distribuidores, farmacias y pacientes, además los participantes en la distribución no tienen alcance de la autenticidad del medicamento (Raxit et al., 2021). La falsificación de productos farmacéuticos o medicamentos es un problema global, actualmente tiene la atención de investigadores y políticos; se estima que un millón de personas anuales fallecen debido a productos falsos, además los participantes de la distribución de productos farmacéuticos no comparten información entre ellos durante el proceso de transferencia (Sahoo et al., 2019).

Blockchain tiene buenos resultados en las cadenas de suministros, los datos son almacenados sin posible cambio durante el traspaso de los medicamentos, además los participantes son autorizados para adicionar y visualizar los datos durante la distribución (Raxit et al., 2021); Blockchain tiene características propias que no permiten el fraude ni la falsificación, y ayuda a las tiendas farmacéuticas a prevenir embates financieros que acarrea la falsificación (Ayala Carabajo & Llerena Izquierdo, 2017)(Escalante Quimis, 2021).

Se propone diseñar un modelo computacional que ayude en la gestión y facilite el rastreo de productos farmacéuticos basado en la tecnología Blockchain; este modelo permitirá asegurar los datos y visualizarlos por todos los participantes, y minimizar la introducción de medicamentos falsificados.

El objetivo es diseñar un modelo computacional para procesos de trazabilidad de productos farmacéuticos mediante la tecnología Blockchain.

En la revisión de la literatura se explica el concepto de Blockchain y sus aplicaciones en los productos farmacéuticos, la metodología se explica el plan de desarrollo en los resultados, en resultados se detalla y desarrolla cada objetivo del proyecto, en discusión y conclusiones se explica los puntos relevantes encontrados sobre esta investigación.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1. Una mirada a la tecnología Blockchain

Blockchain es un conjunto de datos inmutables en una red descentralizada y los datos están formados en bloques secuenciales que están enlazados por una función Hash encriptada (Ghyhgud et al., 2019); es una red de descentralización donde las transacciones tienen trazabilidad, los datos no sufren alteración, existe identificación digital de los participantes, tiene seguridad distribuida, los datos están encriptados, los participantes mantienen la información bajo función de encriptación (Li, 2020). En Blockchain las transacciones de datos están en un entorno distribuido (Sahoo et al., 2019). Las credenciales digitales son encriptadas, los datos están descentralizados y el consorcio gestiona el acuerdo entre los participantes de la red (Eisenstadt et al., 2020)(Calero Manueles, 2021).

Las plataformas de desarrollo de Blockchain son HyperLedger Fabric, Ethereum y Multichain (Debe et al., 2020). La tecnología de Blockchain se utiliza en sectores como atención médica, logística de productos, IoT, sistema de notoriedad, asistencia pública, la cadena de suministro; además en el sector salud se utiliza en varias partes como: registros médicos, atención médica, ensayos clínicos, distribución de medicamentos, seguros de salud (Sahoo et al., 2019)(Rodríguez Pesantes, 2021)(Pazmiño Sánchez, 2021), historias clínicas, exámenes de laboratorio, cadena de suministro de medicamentos, Internet de las cosas médicas (H. M. Garcia et al., 2020)(Sanunga Totoy & Pérez Palma, 2018). Otros sectores que utilizan Blockchain son educación, certificaciones, automóviles, seguimiento de componentes (Surjandy et al., 2019)(Salazar, 2018).

### 2.2. Aplicación de Blockchain en productos farmacéuticos

La investigación de (Sahoo et al., 2019) utiliza Blockchain para contrarrestar los medicamentos falsificados, donde explota la trazabilidad, transparencia y seguridad durante la cadena de suministro de medicamentos; además se rastrean los productos médicos desde su fabricación hasta que llega al consumidor final.

En la cadena Blockchain participan el médico, paciente y farmacéutico, se almacenan los datos del medicamento recomendado por el médico y las cantidades del medicamento, la cadena utiliza la base de datos CouchDB; en el sistema, el médico visualiza los datos del paciente y el paciente comparte sus datos, además el farmacéutico visualiza la receta y entrega los

medicamentos al paciente; este proyecto se implementó con herramientas HyperLedger Fabric SDK y Composer Rest Server API (Chenthara et al., 2020).

Para aumentar la trazabilidad de productos médicos, los datos de medicamentos se guardan en una cadena de suministros que es digital para la gestión y distribución correcta; esto evita que medicamentos falsos entren a la cadena de distribución; los participantes son fabricantes, distribuidores, locales farmacéuticos y consumidor final; además se utilizó código QR para identificar los productos; se implementó con plataformas HyperLedger Fabric y Android (Raxit et al., 2021).

Para mantener el control de calidad de los medicamentos fabricados se propone una arquitectura en Blockchain con IoT; aquí el proceso de fabricación capta los datos como la temperatura, fechas de producción, humedad y ubicación, siendo estos son capturados por sensores IoT, y luego son almacenados en la cadena Blockchain; en la cadena el Smart Contract activa las alarmas en los datos que están fuera de rango y el seguimiento es en tiempo real (Meyliana et al., 2021).

La trazabilidad del viaje de los medicamentos desde su fabricante hasta el consumidor es propuesta en una arquitectura de alto nivel, en donde la propuesta están conectados los participantes como, entidades de control, fabrica, farmacias, hospitales y pacientes; la implementación es en Blockchain Ethereum porque la información de los medicamentos debe ser pública a los participantes, además cada participante tiene privilegios específicos en la cadena (Debe et al., 2020).

En (Subramanian & SreekantanThampy, 2021) se propone un sistema para comprar medicamentos mediante una aplicación móvil y pago con criptomonedas, además la arquitectura utiliza Blockchain para que el fabricante guarde los datos del producto farmacéutico y asigna un código QR para su identificación; cualquier interesado puede comprar, los participantes son fábrica, distribuidores, farmacia física o farmacia en línea, médicos y pacientes.

Para rastrear productos farmacéuticos, en (Premkumar & Srimathi, 2020) se revisa la utilización de Blockchain con IoT, una investigación destaca que los productos contienen tarjetas electrónicas RFID que entregan los datos a la red Blockchain.

En una arquitectura se minimiza la comercialización de productos farmacéuticos adulterados al consumidor final; en la cadena comercial, los productos que son vendidos por el fabricante y luego son entregados por los distribuidores se almacenan los datos en la arquitectura; el sistema realiza consultas de los fármacos, y la arquitectura se desarrollada en plataforma HyperLedger Fabric (H. M. Garcia et al., 2020).

Los datos de las farmacias y sus inventarios son registrados en Blockchain para mantener la información inmutable, además se registran y monitorean los datos de los usuarios en forma transparente (Barati et al., 2021).

Para asegurar el registro médico de pacientes y el seguimiento de productos farmacéuticos se propone una arquitectura con los siguientes participantes: doctor, enfermera, laboratorio, farmacia y paciente; aquí la farmacia vende los productos farmacéuticos al paciente, la arquitectura es desarrollada en plataforma HyperLedger (Prabha & Chatterjee, 2020).

En (R. D. Garcia et al., 2021) se presenta una arquitectura que implementa la prescripción electrónica para minimizar inconsistencias entre doctores, pacientes y farmacias, los autores afirman que este proyecto reduce los costos y estafas, el proyecto está implementado en Ethereum y HyperLedger Fabric.

### 3. METODOLOGÍA

Para la propuesta de diseño del modelo computacional se utiliza el método empírico analítico, de tipo cuasi experimental con enfoque cuantitativo para el análisis minucioso de los artículos científicos, en busca de elementos en las arquitecturas; se revisa las bibliotecas virtuales de artículos relevantes e indexados proporcionadas por la Universidad Politécnica Salesiana; se identifica, filtra y escogen los documentos con arquitecturas en Blockchain y Productos Farmacéuticos; se elabora el modelo sobre un diagrama y se explica el modelo. Para contrastar la propuesta, se compara nuestra propuesta con los trabajos relacionados que presenten modelos Blockchain para seguimiento o rastreo de los productos farmacéuticos.

Se utiliza la revisión de literatura (Vicente Salgado Andrade & Ruiz Buchelli, 2021) basado en cinco pasos: a) Preguntas de investigación, b) Búsqueda en las bibliotecas, c) Selección de artículos, d) Extracción de datos, e) Reporte de datos.

a) Preguntas de investigación: Se plantean las siguientes incógnitas

**P1:** ¿Cuáles son las temáticas utilizadas en los artículos?

**P2:** ¿Cuáles son los objetivos principales en las propuestas Blockchain?

**P3:** ¿Cuáles son los enfoques de investigación utilizados en los artículos?

**P4:** ¿Cuáles son las plataformas utilizadas en las propuestas Blockchain?

**P5:** ¿Qué características hay en las propuestas Blockchain?

b) Búsqueda en las bibliotecas: Se utilizan cadenas/palabras de búsqueda en las bibliotecas digitales: “Blockchain pharmaceutical products” o “Blockchain pharmaceutical”. Las bibliotecas que brinda acceso la Universidad Politécnica Salesiana son: IEEE, Springer y Science Direct.

c) Selección de artículos: Se utiliza criterios de inclusión y exclusión para el filtrado/selección, en criterios de inclusión, se determina el título relacionado a palabras “Blockchain pharmaceutical products” o “Blockchain pharmaceutical”, artículos desde año 2018, artículos en idioma inglés, artículos libre acceso.

Para los criterios de exclusión, se determinan los títulos no relacionados a las palabras claves, artículos resumen, artículos de pago.

d) Extracción de datos: Para extraer los datos de los artículos seleccionados se utiliza una hoja electrónica con las siguientes columnas, año, título del artículo, biblioteca, país, temática (arquitectura tecnológica, modelo computacional, marco de trabajo, desarrollo del sistema), objetivo (calidad, compra, falsificación, cadena de suministros, trazabilidad), enfoque (confidencialidad, integridad, disponibilidad, privacidad, confiabilidad, seguridad), plataformas (Ethereum, HyperLedger, híbrida, móvil, web), elementos de la propuesta (interesados, capas, diseño, implementación, flujo de datos, simulación).

e) Reporte de datos: los datos obtenidos en la hoja electrónica sirven para presentar en la parte Resultados 4.1 y 4.3 de este documento.



#### 4. RESULTADOS

##### 4.1. Identificación de trabajos relevantes sobre Blockchain para un análisis de los modelos de trazabilidad existentes mediante una revisión de literatura.

Después de la revisión literaria en las tres bibliotecas digitales, se identificaron y se revisaron 39 artículos sobre la tecnología Blockchain. De la base de datos IEEEExplore se identificaron 38% de los trabajos, de Science Direct se identificaron 44%, y de Springer se identificaron 18%, ver Tabla 1.

Tabla 1. Trabajos relevantes sobre Blockchain en productos farmacéuticos

Artículos	Bib	Cant.
(Raxit et al., 2021), (Debe et al., 2020), (Premkumar & Srimathi, 2020), (Meyliana et al., 2021), (Sahoo et al., 2019), (H. M. Garcia et al., 2020), (Chenthara et al., 2020), (Subramanian et al., 2021), (Barati et al., 2021), (Prabha & Chatterjee, 2020), (R. D. Garcia et al., 2021), (Saindane et al., 2020), (Musamih et al., 2021), (Grest et al., 2019), (Bocek et al., 2017)	IEEE	15
(Celiz et al., 2019), (Yang et al., 2022), (Thejaswini et al., 2021), (Pham et al., 2019), (da Silva Sendin & Sanches Miani, 2021), (Zhu et al., 2021), (Shi et al., 2019), (Ghyhqqud et al., 2019), (Shi et al., 2019), (Rayan & Zubair, 2021), (Pandey & Litoriya, 2021), (Panda & Satapathy, 2021), (Mohit et al., 2021), (Kumari et al., 2021), (Canbolat et al., 2021), (Akhtar & Rizvi, 2021), (Lahjouji et al., 2021)	Science Direct	17
(Kostyuchenko & Jiang, 2020), (Ghazal et al., 2021), (Khan & Ali, 2022), (Agrawal et al., 2022), (Sreenu et al., 2022), (Liu et al., 2021), (Uddin, 2021)	Springer	7
Total		39

Fuente: Autoría propia.

Estos 39 artículos se encuentran tabulados en una hoja electrónica realizados en la extracción de datos, y se responden a las siguientes preguntas de investigación.

**P1:** ¿Cuáles son las temáticas utilizadas en los artículos?

Se encontró que los artículos se dirigen a cuatro temáticas: Arquitectura tecnológica en 47%, modelos computacionales en 16%, marco de trabajo 9% y desarrollo del sistema en 28%, gran parte de los artículos muestran las arquitecturas tecnológicas en sus trabajos, se obtuvo un mejor

entendimiento de Blockchain en esta área de salud con respecto a niveles, elementos, actores, Smart Contract y Ledger, ver Fig. 1.

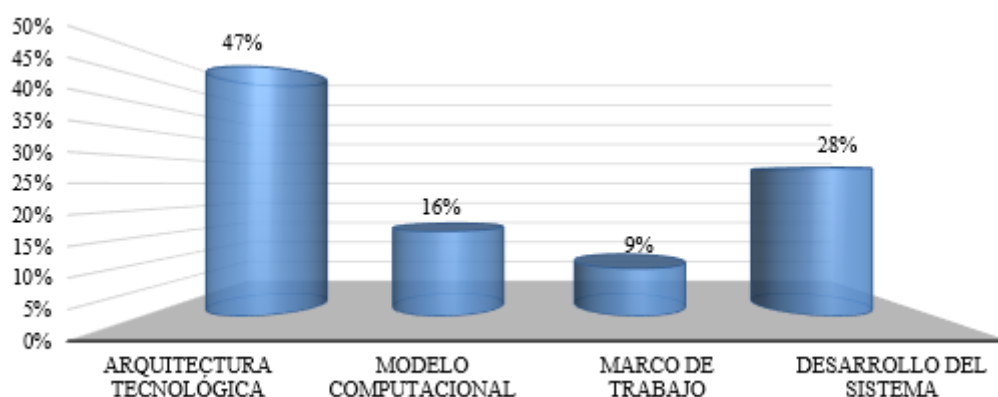


Figura 1. Temáticas

**P2:** ¿Cuáles son los objetivos principales en las propuestas Blockchain?

Se encontró que los artículos se dirigen a cinco objetivos: calidad productos farmacéuticos en 13%, control de compras en 6%, falsificación de productos farmacéuticos en 19%, cadena de suministros de los productos en 32%, y trazabilidad de los productos en 30%. Se entiende que los artículos están dirigidos al control durante la cadena de suministros, además se entiende que los artículos se pueden dirigir a un solo objetivo o máximo tres, es muy complicado que un artículo o propuesta pueda abarcar más objetivos, ver Fig. 2.

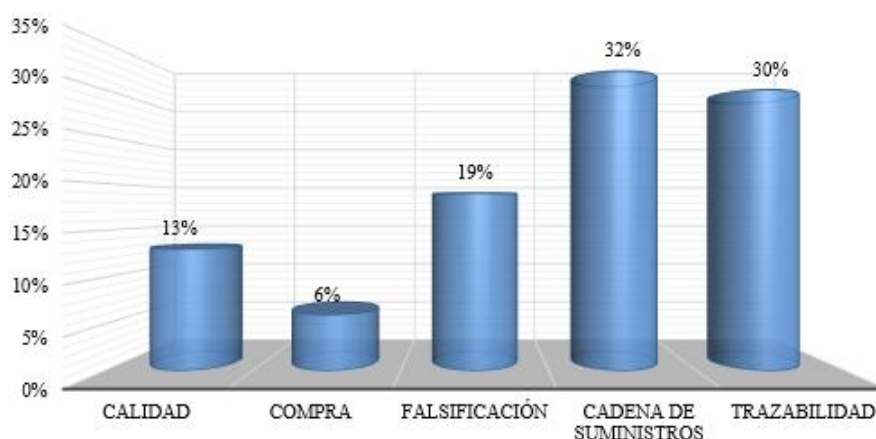


Figura 2. Objetivos

**P3:** ¿Cuáles son los enfoques de investigación utilizados en los artículos?

Se encontró que los artículos se dirigen hacia seis enfoques de investigación: confidencialidad en 4%, integridad en 18%, disponibilidad en 6%, privacidad en 14%, confiabilidad en 26%, y seguridad en 32%. Se entiende que la mayoría de los trabajos se orientan hacia la seguridad de la información para no permitir la pérdida o alteración de datos durante la fabricación y distribución de productos farmacéuticos, ver Fig. 3.

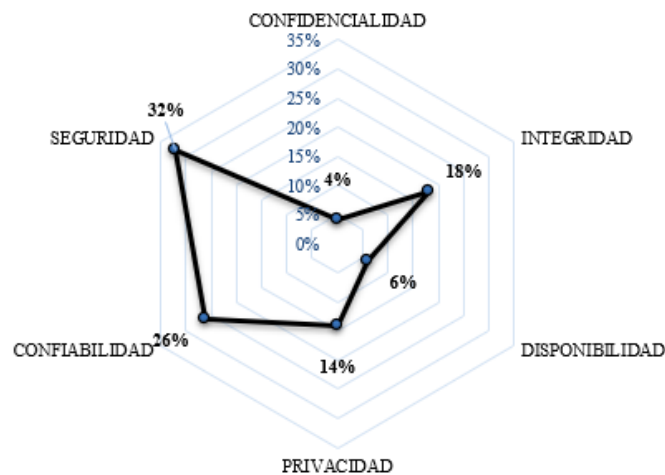


Figura 3. Enfoques de investigación

**P4:** ¿Cuáles son las plataformas utilizadas en las propuestas Blockchain?

Se encontró que los artículos realizan sus modelos sobre tres plataformas: Ethereum en 34%, HyperLedger en 53% e Híbrida en 13%. Se entiende que la mayoría de los artículos basan su Blockchain HyperLedger que es red privada, es decir que solo los participantes tienen acceso para adicionar información; Blockchain Ethereum es una red pública que cualquier persona o empresa tiene acceso para adicionar información; Blockchain Híbrida es una combinación es decir parte de la red es pública y otra parte es privada, ciertos usuarios pueden adicionar información y otros solo pueden ver información, ver Fig. 4.

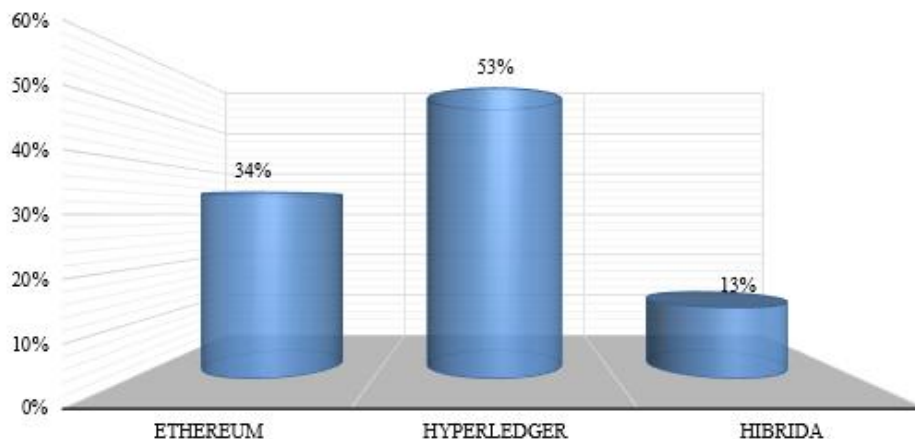


Figura 4. Plataformas

**P5:** ¿Qué características hay en las propuestas Blockchain?

Se encontró que los artículos muestran elementos en sus arquitecturas o modelos: Interesados en 25%, capas en 4%, diseño en 14%, implementación o ejecución en 17%, gráfico flujo de datos en 23%, y simulación que es diferente de ejecución en 17%. Se entiende que es importante mostrar en los modelos a los elementos o componentes para hacer más factible la repetición de los experimentos por parte de otros científicos, ver Fig. 5.

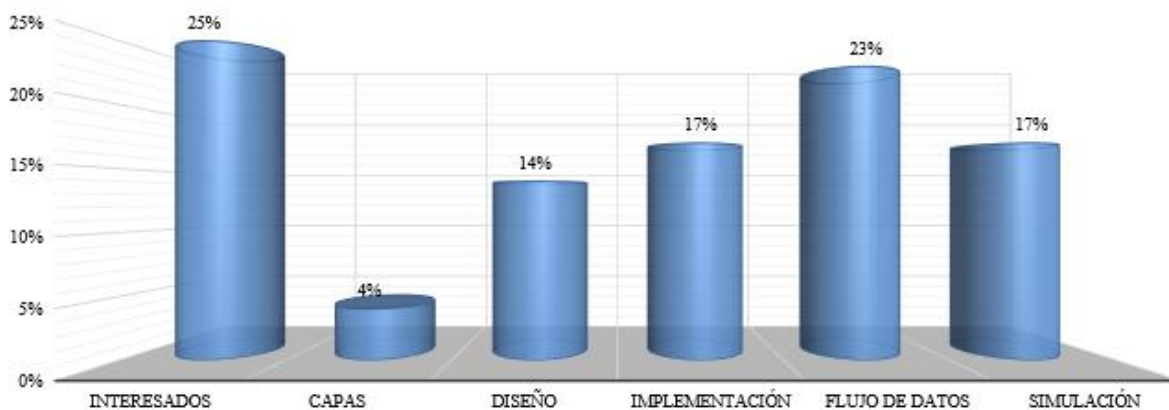


Figura 5. Características

De estos 39 artículos, solo 20 utilizan aplicaciones web o móvil, y de estos 20 artículos se destaca que el 55% de ellos utilizan aplicaciones web y el 45% de los artículos utilizan aplicaciones móviles.

Los criterios de extracción fueron aplicados a los 39 artículos producto de la revisión literaria, ver Tabla 2.

Tabla 2. Esquema de identificación

Preguntas	Respuestas
P1	<b>a.</b> Arquitectura <b>b.</b> Modelos <b>c.</b> Framework <b>d.</b> Sistema
P2	<b>e.</b> Calidad suministros <b>f.</b> Compras <b>g.</b> Falsificación <b>h.</b> Cadena de suministros <b>i.</b> Trazabilidad
P3	<b>j.</b> Confidencialidad <b>k.</b> Integridad <b>l.</b> Disponibilidad <b>m.</b> Privacidad <b>n.</b> Confiabilidad <b>o.</b> Seguridad
P4	<b>p.</b> Ethereum <b>q.</b> HyperLedger <b>r.</b> Híbrida <b>s.</b> Web <b>t.</b> Móvil
P5	<b>u.</b> Interesados <b>v.</b> Capas <b>w.</b> Diseño <b>x.</b> Implementación <b>y.</b> Flujo de datos <b>z.</b> Simulación

Fuente: Autoría propia.

#### 4.2. Diseño de un modelo computacional de trazabilidad para productos farmacéuticos valorando como soporte la tecnología Blockchain.

En esta sección se analiza el modelo computacional de trazabilidad y sus componentes claves, que muestra el potencial de la trazabilidad o seguimiento de productos farmacéuticos basada en HyperLedger Blockchain, con esto se aumentan la transparencia en la gestión. Esta red es una “estructura de red distribuida” que se mantiene con nodos durante la cadena de suministro de productos, la información principal es el origen de la materia prima, los datos de fabricación y del estado de la distribución, ver Fig. 6.

El modelo está formado de cuatro niveles: usuario, captura de datos, aplicaciones y Blockchain.

Nivel de Usuarios: Contiene los proveedores que entregan los productos primarios, los fabricantes de medicamentos que elaboran los productos, los transportistas que mueven los lotes de productos, las farmacias que venden los productos, los clientes que compran y consumen los productos. En este nivel el proveedor primario registra los lotes de la materia prima, el fabricante registra el producto con su lote y fecha de entrega, los transportistas registran la temperatura y humedad, las farmacias registran el lote y fecha de recepción, el cliente solo puede consultar el lote del producto, comentarios y verificar la cadena de movimiento. Además, la agencia de control puede verificar la información sobre la calidad de los productos mediante la plataforma. El administrador de la red Blockchain realiza la gestión de usuarios, gestión de credenciales, gestión de reglas en el Smart Contract.

Nivel Captura de datos: Obtiene los datos de los fármacos mediante una aplicación informática que, de cada producto o lote registra, el código de barras, código QR, RFID, sensor o posicionamiento; estos datos son tomados durante la cadena de suministro de medicamentos.

Nivel Aplicaciones Informáticas: Contiene los servicios como Identidad de usuario, Agregar producto, Actualizar camino, Calidad del producto, Trazabilidad del producto, y Alerta de riesgos. En la Identidad de usuario se toma el usuario y contraseña del usuario, estos datos están cifrados en el Blockchain; en Agregar producto se toma el código, código de barra, descripción, componentes, tiempo máximo de duración y responsable; en la Trazabilidad del producto todos los usuarios pueden consultar los datos sobre lugar, fecha, tiempo de transporte e historial mediante interfaces sencillas; en Actualizar camino cada participante adiciona la fecha, lugar, temperatura y humedad; en la Calidad del producto se pueden verificar los niveles de ambiente; en la Alerta los objetos avisan sobre los niveles cercanos durante la distribución o almacenaje de los productos.

Nivel Blockchain: la base de datos distribuida BDD, el Smart Contract, consenso, certificados de identidad, algoritmo de cifrado (criptografía). La BDD es un repositorio que mantiene una copia de los datos en cada uno de los nodos. El consenso es un algoritmo asincrónico eficiente en el guardado de las transacciones y regula el proceso de actualización o consultas. El Smart Contract es un componente interno que evalúa y ejecuta funciones y procesos especificados por el administrador como inserción o consulta de datos en la plataforma Blockchain. El algoritmo de cifrado es un componente interno de Blockchain para garantizar la seguridad en el almacenamiento y transmisión de los datos.



Figura 6. Modelo computacional de trazabilidad

Los clientes no se consideran nodos, solo pueden realizar consultas.

**Smart Contract:** Es necesario explicar las funciones o procedimientos que contiene el Smart Contract y que se ejecutan al momento que los usuarios utilizan las aplicaciones informáticas, a continuación, se describen:

Registro Materia Prima: guarda el lote, producto genérico, cantidad, peso, ubicación, es utilizado desde la aplicación del proveedor primario.

Registro Productos Farmacéuticos: guarda el maestro de productos, es utilizado desde la aplicación del fabricante.

Salida de productos de fábrica: guarda el producto con su lote y fecha, es utilizado desde la aplicación del fabricante.

Registro de estado de productos: guarda la temperatura y humedad, fecha de inicio y fecha final, es utilizado desde la aplicación del transportista.

Registro de entrega de productos: guarda el lote y fecha de recepción, es utilizado desde la aplicación de la farmacia.

Consulta de trazabilidad del producto farmacéutico: Todos los actores pueden consultar el lote del producto, comentarios y verificar la cadena de movimiento del producto.

Alerta de riesgos: Avisa o activa un mail al participante que previamente realizó un registro del producto, el aviso es de acuerdo a los parámetros del producto en temperatura, humedad, días de caducidad.

#### 4.3. Contrastar la propuesta de estudio para estimar el nivel de incidencia óptima mediante la comparación de trabajos relevantes en el mismo alcance.

Los 39 artículos científicos que son trabajos relevantes y fueron tabulados en una hoja electrónica para el primer objetivo, se utilizan también para determinar su nivel de incidencia; las 26 características se consideran como un punto por cada una que cumple el artículo, luego la suma de las características se divide para 26 y si esta operación es mayor que 40%, entonces se considera que el artículo tiene un nivel de incidencia aceptable para ser aceptado y aplicado para el diseño e implementación de una red Blockchain en productos farmacéuticos. Entre los 39 artículos solo 15 tienen un nivel de incidencia aceptable es decir el 38% de todos los trabajos pueden ser aplicables al entorno ecuatoriano, ver Tabla 3.

Tabla 3. Nivel de incidencia basado en trabajos relevantes

ARTÍCULO	TEMÁTICA				OBJETIVO					ENFOQUE					PLATAFORMAS					ELEMENTOS					Nivel de Incidencia		
	a	b	c	d	e	F	g	h	i	j	k	l	m	n	o	p	q	r	s	t	u	v	w	x		y	z
(Raxit et al., 2021)				☒			☒	☒						☒	☒		☒		☒		☒		☒	☒	☒	☒	SI
(Debe et al., 2020)	☒			☒		☒	☒	☒							☒	☒					☒		☒	☒	☒	☒	SI
(Premkumar & Srimathi, 2020)	☒						☒	☒						☒	☒										☒		NO
(Meyliana et al., 2021)	☒	☒			☒		☒							☒							☒	☒					NO
(Sahoo et al., 2019)	☒		☒				☒	☒	☒					☒	☒						☒				☒		NO
(H. M. Garcia et al., 2020)	☒			☒			☒	☒			☒			☒	☒		☒				☒	☒	☒		☒	☒	SI
(Chenthara et al., 2020)	☒			☒			☒	☒			☒			☒	☒		☒				☒			☒	☒	☒	SI
(Subramanian & SreekantanThampy, 2021)		☒				☒	☒	☒						☒				☒	☒		☒		☒	☒	☒	☒	SI



(Barati et al., 2021)	✗	✗				✗			✗			✗		✗							✗	✗	✗	SI		
(Prabha & Chatterjee, 2020)				✗					✗	✗	✗	✗												NO		
(R. D. Garcia et al., 2021)	✗	✗				✗			✗			✗										✗	✗	✗	SI	
(Saindane et al., 2020)				✗		✗			✗					✗								✗	✗	✗	SI	
(Musamih et al., 2021)	✗			✗		✗	✗			✗	✗	✗										✗	✗	✗	SI	
(Grest et al., 2019)		✗					✗	✗						✗	✗										NO	
(Bocek et al., 2017)	✗			✗	✗				✗	✗													✗	✗	✗	SI
(Celiz et al., 2019)	✗			✗		✗	✗			✗												✗	✗	✗	SI	
(Yang et al., 2022)	✗			✗	✗				✗													✗	✗	✗	SI	
(Thejaswini et al., 2021)	✗			✗		✗			✗													✗		✗	SI	
(Pham et al., 2019)	✗			✗		✗			✗													✗	✗	✗	SI	
(da Silva Sendin & Sanches Miani, 2021)			✗		✗				✗															✗	NO	
(Zhu et al., 2021)		✗			✗																			✗	NO	
(Yadav et al., 2021)	✗					✗	✗	✗																✗	NO	
(Ghyhgud et al., 2019)	✗			✗	✗																		✗	✗	SI	
(Shi et al., 2019)	✗			✗			✗	✗	✗	✗													✗	✗	SI	
(Rayan & Zubair, 2021)	✗		✗		✗		✗	✗		✗													✗	✗	SI	
(Pandey & Litoriya, 2021)	✗		✗			✗	✗			✗													✗	✗	SI	
(Panda & Satapathy, 2021)	✗			✗			✗	✗															✗	✗	SI	
(Mohit et al., 2021)	✗			✗		✗	✗	✗															✗	✗	SI	
(Kumari et al., 2021)	✗	✗			✗		✗	✗	✗														✗		NO	
(Canbolat et al., 2021)	✗	✗					✗	✗															✗		NO	
(Akhtar & Rizvi, 2021)	✗					✗	✗	✗															✗	✗	SI	
(Lahjouji et al., 2021)	✗					✗	✗																✗		NO	
(Kostyuchenko & Jiang, 2020)						✗	✗																✗		NO	
(Ghazal et al., 2021)																							✗		NO	
(Khan & Ali, 2022)			✗				✗																✗		NO	
(Agrawal et al., 2022)		✗			✗		✗	✗															✗	✗	SI	
(Sreenu et al., 2022)	✗			✗		✗		✗	✗	✗													✗		NO	
(Liu et al., 2021)	✗			✗			✗																✗	✗	SI	
(Uddin, 2021)			✗			✗	✗	✗															✗		NO	

Fuente: Autoría propia.

## 5. DISCUSIÓN

Los efectos positivos de este modelo en los productos farmacéuticos son, minimizar la falsificación, evitar la clonación, bajar los costos en la verificación, maximizar la gestión en la cadena de suministros.

Los investigadores abren la posibilidad de futuros trabajos el análisis de la calidad en la cadena de suministro en elementos determinantes como por ejemplo la temperatura, la humedad, el tiempo de viaje, el pago del producto, aviso del sistema en caso de que cambien las condiciones del producto.

Las 39 investigaciones son evidencias empíricas que informan los beneficios en el uso de Blockchain y además tienen mucha demanda.

Los datos generados en este modelo tienen las características: acumulación continua de datos, aumento escalable de datos y buena granularidad de los datos, estas características pueden servir para aplicar Big Data e Inteligencia de Negocios.

Resaltamos que esta propuesta no puede eliminar el consumo de medicamentos sin autorización, es necesario que la sociedad haga la adquisición y uso responsable de los medicamentos expendidos y utilice un método de verificación para determinar su procedencia antes de comprarlo.

## 6. CONCLUSIÓN

La revisión de la literatura nos brinda un mejor conocimiento de blockchain sobre medicamentos que es un área de salud, con especial énfasis en la cadena de suministro y trazabilidad que son parte de los objetivos principales de esta investigación y propuesta del modelo.

El modelo computacional de trazabilidad está basado en HyperLedger Blockchain que aumenta la seguridad y privacidad, además el almacenamiento es perpetuo, el cifrado no permite romper la integridad, permite que las transacciones mantengan la trazabilidad y el no repudio de usuarios, estas son algunas características firmes ante cualquier riesgo en la cadena de suministro.

Entre 39 artículos obtenidos existen 15 que tienen un nivel de incidencia aceptable y que sirvieron para adoptar Blockchain como un modelo computacional que se acopla a este caso dentro del ámbito de los productos farmacéuticos.

## REFERENCIAS

- Agrawal, D., Minocha, S., Namasudra, S., & Gandomi, A. H. (2022). A robust drug recall supply chain management system using hyperledger blockchain ecosystem. *Computers in Biology and Medicine*, 140(November 2021), 105100. <https://doi.org/10.1016/j.compbio.2021.105100>
- Akhtar, M. M., & Rizvi, D. R. (2021). Traceability and detection of counterfeit medicines in pharmaceutical supply chain using blockchain-based architectures. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*, 1–31. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-51070-1\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-51070-1_1)
- Ayala Carabajo, R., & Llerena Izquierdo, J. (2017). *Tercer Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/14450>
- Barati, M., Aujla, G. S., Llanos, J. T., Duodu, K. A., Rana, O. F., Carr, M., & Rajan, R. (2021). Privacy-Aware Cloud Auditing for GDPR Compliance Verification in Online Healthcare. *IEEE Transactions on Industrial Informatics*, XX(JULY). <https://doi.org/10.1109/TII.2021.3100152>
- Bocek, T., Rodrigues, B. B., Strasser, T., & Stiller, B. (2017). Blockchains everywhere - a use-case of blockchains in the pharma supply-chain. *2017 IFIP/IEEE Symposium on Integrated Network and Service Management (IM)*, 772–777. <https://doi.org/10.23919/INM.2017.7987376>
- Calero Manueles, E. F. (2021). *Aplicación móvil para reconocimiento de texto sobre carnés estudiantiles utilizando visión por computadora basada en la nube*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20902>
- Canbolat, S., Şen, Ö. O., & Ozsoy, A. (2021). Blockchain Track and Trace System (BTTS) for Pharmaceutical Supply Chain. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 219, 227–237. [https://doi.org/10.1007/978-981-33-6470-7\\_13](https://doi.org/10.1007/978-981-33-6470-7_13)
- Celiz, R. C., De La Cruz, Y. E., & Sanchez, D. M. (2019). Cloud Model for Purchase Management in Health Sector of Peru based on IoT and Blockchain. *2019 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference, IEMCON 2018*, 328–334. <https://doi.org/10.1109/IEMCON.2018.8615063>
- Chenthara, S., Wang, H., Ahmed, K., Whittaker, F., & Ji, K. (2020). A Blockchain based model for Curbing Doctors Shopping and Ensuring Provenance Management. *Proceedings - 2020 International Conference on Networking and Network Applications, NaNA 2020*, 186–192. <https://doi.org/10.1109/NaNA51271.2020.00040>
- da Silva Sendin, I., & Sanches Miani, R. (2021). Towards reliable and transparent vaccine phase III trials with smart contracts. *2021 IEEE International Conference on Omni-Layer Intelligent Systems (COINS)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/COINS51742.2021.9524247>
- de la Nube Toral Sarmiento, A., Loaiza Martínez, M. de L., Llerena Izquierdo, J., Ayala Carabajo, R., Torres Toukoumidis, A., Romero-Rodríguez, L. M., Aguaded, I., Vega Ureta, N. T., Fuentes Espinoza, P. G., Peñafiel Caicedo, J. A., & others. (2018). *4to. Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad. Memoria académica*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16318>
- Debe, M., Salah, K., Jayaraman, R., & Arshad, J. (2020). Blockchain-based verifiable tracking of resellable returned drugs. *IEEE Access*, 8, 205848–205862. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.3037363>
- Eisenstadt, M., Ramachandran, M., Chowdhury, N., Third, A., & Domingue, J. (2020). COVID-19 Antibody Test/Vaccination Certification: There's an App for That. *IEEE Open Journal of Engineering in Medicine and Biology*, 1, 148–155. <https://doi.org/10.1109/OJEMB.2020.2999214>
- Escalante Quimis, O. A. (2021). *Prototipo de sistema de seguridad de base de datos en organizaciones públicas para mitigar ataques cibernéticos en Latinoamérica*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20576>
- García, H. M., Cortez, M. M., & Amaya, E. D. (2020). Blockchain-based Website Solution for Controlling the Authorized Sale of Drugs in Peru. *Proceedings of the 2020 IEEE Engineering International Research Conference, EIRCON 2020*, 49–52. <https://doi.org/10.1109/EIRCON51178.2020.9253764>
- García, R. D., Zutiao, G. A., Ramachandran, G., & Ueyama, J. (2021). Towards a decentralized e-

- prescription system using smart contracts. *Proceedings - IEEE Symposium on Computer-Based Medical Systems, 2021-June*, 556–561. <https://doi.org/10.1109/CBMS52027.2021.00037>
- Ghazal, T. M., Alshurideh, M. T., & Alzoubi, H. M. (2021). *Blockchain-Enabled Internet of Things (IoT) Platforms for Pharmaceutical and Biomedical Research* (Vol. 4, pp. 589–600). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-76346-6\\_52](https://doi.org/10.1007/978-3-030-76346-6_52)
- Ghyhgud, P., Jpdlo, P., Udv, F. R. P., Jpdlo, S. K. G., Vdqghsv, F. R. P., Llwn, F. V. H., & Lq, D. F. (2019). *Preserving Patient's Privacy using Proxy Re-encryption in Permissioned Blockchain*. 450–457.
- Grest, M., LAURAS, M., MONTARNAL, A., SARAZIN, A., & BOUSSEAU, G. (2019). A Meta Model for a Blockchain-based Supply Chain Traceability. *2019 International Conference on Industrial Engineering and Systems Management (IESM)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/IESM45758.2019.8948159>
- Guaman Villalta, M. G. (2021). *Hyperledger Blockchain para la seguridad en bases de datos un mapeo sistemático*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20320>
- Guaranda Lara, S. N. (2021). *Modelo de gestión para el alineamiento de estrategias corporativas en pymes mediante las tecnologías de la información y comunicación*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20911>
- Khan, F., & Ali, Y. (2022). Implementation of the circular supply chain management in the pharmaceutical industry. *Environment, Development and Sustainability*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10668-021-02007-6>
- Kostyuchenko, Y., & Jiang, Q. (2020). Blockchain Applications to combat the global trade of falsified drugs. *IEEE International Conference on Data Mining Workshops, ICDMW, 2020-Novem*, 890–894. <https://doi.org/10.1109/ICDMW51313.2020.00127>
- Kumari, M., Gupta, M., & Ved, C. (2021). *Blockchain in Pharmaceutical Sector*. 199–220. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-9547-9\\_8](https://doi.org/10.1007/978-981-15-9547-9_8)
- Lahjouji, M., Alami, J. El, & Hlyal, M. (2021). Blockchain application to improve Vendor management replenishment in Humanitarian supply chain. *2021 3rd International Conference on Transportation and Smart Technologies, TST 2021*, 1–8. <https://doi.org/10.1109/TST52996.2021.00008>
- Li, J. (2020). A New Blockchain-based Electronic Medical Record Transferring System with Data Privacy. *Proceedings - 2020 5th International Conference on Information Science, Computer Technology and Transportation, ISCTT 2020*, 141–147. <https://doi.org/10.1109/ISCTT51595.2020.00032>
- Liu, X., Barenji, A. V., Li, Z., Montreuil, B., & Huang, G. Q. (2021). Blockchain-based smart tracking and tracing platform for drug supply chain. *Computers and Industrial Engineering*, 161(November 2020), 107669. <https://doi.org/10.1016/j.cie.2021.107669>
- Melendrez-Caicedo, G., & Llerena-Izquierdo, J. (2022). Secure Data Model for the Healthcare Industry in Ecuador Using Blockchain Technology. *Smart Innovation, Systems and Technologies*, 252, 479–489. [https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8\\_43](https://doi.org/10.1007/978-981-16-4126-8_43)
- Meyliana, M., Fernando, E., Surjandy, & Cassandra, C. (2021). *Architecture Blockchain Technology with IoT for Monitoring Drug Warehouse*. August, 77–81. <https://doi.org/10.1109/icimtech53080.2021.9534927>
- Mohit, M., Kaur, S., & Singh, M. (2021). Design and implementation of transaction privacy by virtue of ownership and traceability in blockchain based supply chain. *Cluster Computing*, 0123456789. <https://doi.org/10.1007/s10586-021-03425-x>
- Moncayo Ronquillo, K. C. (2021). *Seguridades de la información bases de datos distribuidas: Un mapeo sistemático*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21701>
- Musamih, A., Salah, K., Jayaraman, R., Arshad, J., Debe, M., Al-Hammadi, Y., & Ellahham, S. (2021). A Blockchain-Based Approach for Drug Traceability in Healthcare Supply Chain. *IEEE Access*, 9, 9728–9743. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3049920>
- Narváez Picón, E. A. (2021). *Las tecnologías de la información y comunicación orientadas a la calidad del servicio en la gestión empresarial: una revisión sistemática*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20929>

- Panda, S. K., & Satapathy, S. C. (2021). Drug traceability and transparency in medical supply chain using blockchain for easing the process and creating trust between stakeholders and consumers. *Personal and Ubiquitous Computing*. <https://doi.org/10.1007/s00779-021-01588-3>
- Pandey, P., & Litoriya, R. (2021). Securing E-health Networks from Counterfeit Medicine Penetration Using Blockchain. *Wireless Personal Communications*, 117(1), 7–25. <https://doi.org/10.1007/s11277-020-07041-7>
- Pazmiño Sánchez, C. A. (2021). *Protocolo Lora para análisis de medición con GPS y Arduino en la Industria ganadera del Ecuador: Una revisión sistemática*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20340>
- Pham, H. L., Tran, T. H., & Nakashima, Y. (2019). Practical Anti-Counterfeit Medicine Management System Based on Blockchain Technology. *2019 4th Technology Innovation Management and Engineering Science International Conference (TIMES-ICON)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/TIMES-iCON47539.2019.9024674>
- Prabha, P., & Chatterjee, K. (2020). Securing Telecare Medical Information System with Blockchain Technology. *Proceedings - IEEE 2020 2nd International Conference on Advances in Computing, Communication Control and Networking, ICACCCN 2020*, 846–851. <https://doi.org/10.1109/ICACCCN51052.2020.9362871>
- Premkumar, A., & Srimathi, C. (2020). Application of Blockchain and IoT towards Pharmaceutical Industry. *2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2020*, 729–733. <https://doi.org/10.1109/ICACCS48705.2020.9074264>
- Raxit, S., Hossain Gourab, J., & Kabir, H. (2021). A comprehensive drug management system by segregating spurious and substandard drugs using blockchain technology. *2021 International Conference on Automation, Control and Mechatronics for Industry 4.0, ACMI 2021, 0(July)*, 8–9. <https://doi.org/10.1109/ACMI53878.2021.9528238>
- Rayan, R. A., & Zubair, M. A. M. (2021). IoT-Integrated Blockchain in the Drug Supply Chain. *EAI/Springer Innovations in Communication and Computing*, 105–117. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-65691-1\\_7](https://doi.org/10.1007/978-3-030-65691-1_7)
- Rodríguez Pesantes, R. P. (2021). *Seguridad en dispositivos IOT en Organizaciones de América Latina*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20970>
- Sahoo, M., Singhar, S. S., Nayak, B., & Mohanta, B. K. (2019). A Blockchain Based Framework Secured by ECDSA to Curb Drug Counterfeiting. *2019 10th International Conference on Computing, Communication and Networking Technologies, ICCCNT 2019*, 8–13. <https://doi.org/10.1109/ICCCNT45670.2019.8944772>
- Saindane, P., Jethani, Y., Mahtani, P., Rohra, C., & Lund, P. (2020). Blockchain: A Solution for Improved Traceability with Reduced Counterfeits in Supply Chain of Drugs. *2020 International Conference on Electrotechnical Complexes and Systems (ICOECS)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICOECS50468.2020.9278412>
- Salazar, L. (2018). *Implementación de sistema de matriculación y carnetización en la unidad educativa Pablo Picasso*. <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16844>
- Sanunga Totoy, J. E., & Pérez Palma, K. N. (2018). *Implementación del sistema para el control de historia clínica de pacientes en centro odontológico dental group*. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/16767>
- Shi, J., Yi, D., & Kuang, J. (2019). Pharmaceutical Supply Chain Management System with Integration of IoT and Blockchain Technology. *Lecture Notes in Computer Science (Including Subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 11911 LNCS, 97–108. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-34083-4\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-030-34083-4_10)
- Sreenu, M., Gupta, N., Jatoh, C., Saad, A., & Alharbi, A. (2022). Blockchain based secure and reliable Cyber Physical ecosystem for vaccine supply chain. *Computer Communications*, 191(April), 173–183. <https://doi.org/10.1016/j.comcom.2022.04.031>
- Subramanian, G., & SreekantanThampy, A. (2021). Crypto Pharmacy – Digital Medicine: A Mobile Application Integrated With Hybrid Blockchain to Tackle the Issues in Pharma Supply Chain. *IEEE Open Journal of the Computer Society*, 2(January), 26–37. <https://doi.org/10.1109/OJCS.2021.3049330>

- Subramanian, G., SreekantanThampy, A., Valbosco Ugwuoke, N., & Ramnani, B. (2021). Crypto Pharmacy – Digital Medicine: A Mobile Application Integrated With Hybrid Blockchain to Tackle the Issues in Pharma Supply Chain. *IEEE Open Journal of the Computer Society*, 2(January), 26–37. <https://doi.org/10.1109/OJCS.2021.3049330>
- Surjandy, Fernando, E., & Meyliana. (2019). Essential blockchain technology adoption factors in pharmaceutical industry. *2019 4th International Conference on Information Technology, Information Systems and Electrical Engineering, ICITISEE 2019*, 6, 523–526. <https://doi.org/10.1109/ICITISEE48480.2019.9003997>
- Thejaswini, S., Karthik, S., Roopashree H, B., Trupti K, N., & Sushma M, P. (2021). Med Secure: A Blockchain based Authenticated System for Counterfeit Medicine in DecentralizedPeer to Peer Network. *2021 Asian Conference on Innovation in Technology (ASIANCON)*, 1–7. <https://doi.org/10.1109/ASIANCON51346.2021.9544648>
- Uddin, M. (2021). Blockchain Medledger: Hyperledger fabric enabled drug traceability system for counterfeit drugs in pharmaceutical industry. *International Journal of Pharmaceutics*, 597(February), 120235. <https://doi.org/10.1016/j.ijpharm.2021.120235>
- Vicente Salgado Andrade, G., & Ruiz Buchelli, W. (2021). Medios de Comunicación Virtual en la Educacion durante la pandemia: un mapeo sistemático. In *Univerdidad Politecnica Salesiana: Vol. Volumen 17*.
- Yadav, N. K., Singh, H. P., Verma, R., & Singh, K. K. (2021). Pharmaceutical Supply Chain Management Blockchain. *Lecture Notes in Networks and Systems*, 150 LNNS, 181–190. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-8377-3\\_16](https://doi.org/10.1007/978-981-15-8377-3_16)
- Yang, C., Lan, S., Zhao, Z., Zhang, M., Wu, W., & Huang, G. Q. (2022). Edge-cloud Blockchain and IoE enabled Quality Management Platform for Perishable Supply Chain Logistics. *IEEE Internet of Things Journal*, 4662(c), 1–1. <https://doi.org/10.1109/IJOT.2022.3142095>
- Zhu, X. N., Peko, G., Sundaram, D., & Piramuthu, S. (2021). Blockchain-Based Agile Supply Chain Framework with IoT. *Information Systems Frontiers*, February. <https://doi.org/10.1007/s10796-021-10114-y>