

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL**

**MAESTRÍA EN SOFTWARE**

**DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA FINTECH UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE REGISTRO DISTRIBUIDOS PARA EL ALMACENAMIENTO SEGURO DE TRANSACCIONES FINANCIERAS**

**ING. JIMMY FERNANDO CASTILLO CRESPÍN**

**TUTOR: ING. DIXYS HERNÁNDEZ, PHD**

**MACHALA**

**2022**



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE MACHALA**

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA CIVIL**

**DESARROLLO DE UNA PLATAFORMA FINTECH UTILIZANDO TECNOLOGÍA DE REGISTRO DISTRIBUIDOS PARA EL ALMACENAMIENTO SEGURO DE TRANSACCIONES FINANCIERAS**

**ING. JIMMY FERNANDO CASTILLO CRESPÍN**

**PROYECTO TECNOLÓGICO AVANZADO**

**TUTOR: ING. DIXYS HERNÁNDEZ, PHD**

**COTUTOR: ING. FÉLIX FERNÁNDEZ, PHD.**

**MACHALA**

**2022**

**PENSAMIENTO**

“No hay peor derrota que perder sabiendo que no te esforzaste lo suficiente.”

Ing. Jimmy Fernando Castillo Crespín

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, primeramente, a Dios, por brindarme la salud y fuerza necesaria para lograr cumplir todas mis metas propuestas durante la duración del periodo de mi maestría en software.

A mis padres, aquellos que me dieron la vida y siempre están ahí cuando se los necesita, tanto en momentos malos como en los buenos, resaltando todo su apoyo, consejos y ánimos entregados hacia mí día tras día.

A mi hermano, porque al igual que mis padres, me entregó todo su apoyo, ánimos y comprensión, lo cual me motivaron mucho para el cumplimiento de mis objetivos.

Ing. Castillo Crespín Jimmy Fernando.

AGRADECIMIENTO

Agradezco, primeramente, ante todo a Dios, el cual durante todo el transcurso de mi vida me ha dado fuerza, salud y me ha guiado por el camino del bien tanto en las cosas que me he propuesto realizar y en las decisiones que se me han presentado en mi convivir diario.

Agradezco a mi familia, los cuales son los seres más importantes en mi vida, ellos supieron criarme con los mejores valores y me han brindado sus apoyos tantos emocionales como económicos.

A los docentes de la Maestría en Software, por compartir los conocimientos y experiencias profesionales que han aportado considerablemente en mi formación profesional y académica.

A mis compañeros de maestría, los cuales a través de sus experiencias compartidas a lo largo de la duración de la maestría eh aprendido de ellos.

A la Universidad Técnica de Machala por darme la oportunidad de cursar mi Maestría en Software en una buena institución educativa, con buen ambiente y docentes.

Mi especial agradecimiento a mi tutor Ing. Dixys Hernandez, PHD, por su dedicación, conocimientos y apoyo hacia mí durante sus tutorías.

Ing. Castillo Crespín Jimmy Fernando.

RESPONSABILIDAD DE AUTORIA

Yo, Jimmy Fernando Castillo Crespín con C.I 0706829116, declaro que el trabajo de “”, en opción al título de Magister en Software, es original y auténtico; cuyo contenido: conceptos, definiciones, datos empíricos, criterios, comentarios y resultados son de mi exclusiva responsabilidad.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ing. Jimmy Fernando Castillo Crespín

CI: 0706829116

Machala, 2021/10/09

REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN

CERTIFICACION DEL TUTOR

Yo, Dixys Leonardo Hernández Rojas con CI: 0923026298 tutor del trabajo de “Desarrollo de una plataforma Fintech utilizando tecnología de registro distribuidos para el almacenamiento seguro de transacciones financieras”, en opción al título de Magister en Software, ha sido revisado, enmarcado en los procedimientos científicos, técnicos, metodológicos y administrativos establecidos por el Centro de Posgrado de la Universidad Técnica de Machala (UTMACH), razón por la cual doy fe de los méritos suficientes para que sea presentado a evaluación.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Dixys Leonardo Hernández Rojas

C.I: 0923026298

Machala, 2021/10/09

CESIÓN DE DERECHOS

Yo, Jimmy Fernando Castillo Crespín con C.I: 0706829116, autor del trabajo de titulación “Desarrollo de una plataforma Fintech utilizando tecnología de registro distribuidos para el almacenamiento seguro de transacciones financieras”, en opción al título de Magister en Software, declaro bajo juramento que:

* El trabajo aquí descrito es de mi autoría, que no ha sido presentado previamente para ningún grado o calificación profesional. En consecuencia, asumo la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.
* Cede a la Universidad Técnica de Machala de forma exclusiva con referencia a la obra en formato digital los derechos de:
  1. Incorporar la mencionada obra en el repositorio institucional para su demostración a nivel mundial, respetando lo establecido por la Licencia Creative Commons Atribution-NoCommercial – Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY NCSA 4.0); la Ley de Propiedad Intelectual del Estado Ecuatoriano y el Reglamento Institucional.
  2. Adecuarla a cualquier formato o tecnología de uso en INTERNET, así como correspondiéndome como autor la responsabilidad de velar por dichas adaptaciones con la finalidad de que no se desnaturalice el contenido o sentido de la misma.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

Ing. Jimmy Fernando Castillo Crespín

CI: 0706829116

Machala, 2021/10/09

RESUMEN

En el campo de las aplicaciones Fintech, han ocurrido problemas de estafas, fraudes y robo de información especialmente en los años 2020 - 2021 por la aparición del COVID-19 debido al crecimiento de pequeños empresarios que se volcaron a manejar sus negocios de manera online y a su vez, aumentando la demanda de los clientes e indirectamente de la ciberdelincuencia. El principal problema con muchas aplicaciones Fintech son las vulnerabilidades detectadas en los procesos de transporte y almacenamiento de información, dado a que almacenan la información en bases de datos centralizadas muchas de las veces sin encriptar que son más propensas al robo, fraude o manipulación y aunque se han propuesto distintos métodos de seguridad para mitigar estas vulnerabilidades, el problema sigue latente. En años recientes se ha promovido el uso de los DLT (tecnología de contabilidad distribuida) como una nueva forma de protección de datos dado a las ventajas que ofrece como almacenamiento distribuido, uso de métodos criptográficos que garantizan seguridad, inmutabilidad y encriptación de la información. Por tal motivo, el presente trabajo detalla la implementación de una plataforma tecnológica Fintech bajo una arquitectura on cloud utilizando DLT para la seguridad en el transporte y almacenamiento de transacciones financieras realizadas cotidianamente en la pasarela de pagos “Pagar es Fácil”. Tomando en consideración los diferentes tipos de DLT existentes, se eligieron las plataformas de IOTA y Tatum como plataformas DLT por ser soluciones robustas, gratuitas y con gran potencial de escalabilidad; para el desarrollo de las aplicaciones web y móvil se siguió la metodología Agile Block Chain Dapp Engineering; se utilizó IONIC como framework para la aplicación móvil, Laravel como framework backend, VueJs como framework frontend, arquitectura de Google en servidores, firebase como base de datos y el framework expressJS para la programación de los endpoints de conexión entre las aplicaciones desarrolladas y la API de Iota y Tatum para el envío y almacenamiento de información. En la ejecución del prototipo, se tomaron en cuenta las transacciones realizadas por los usuarios de Pagar es Fácil desde la implementación de los DLT, también se aplicaron diferentes pruebas de seguridad en conjunto con la certificación PCI-DSS de nivel 3 para la evaluación de seguridad de la aplicación. Tras el análisis de los resultados, se concluye que el uso del DLT provee alta seguridad en el transporte y almacenamiento de transacciones financieras en aplicaciones Fintech.

**Palabras claves:** blockchain, fintech, DLT, IOTA, Tatum, tangle.

ABSTRACT

In the field of Fintech applications, there have been problems of scams, fraud and information theft especially in the years 2020 - 2021 due to the emergence of COVID-19 due to the growth of small entrepreneurs who turned to manage their businesses online and in turn, increasing the demand of customers and indirectly of cybercrime. The main problem with many Fintech applications are the vulnerabilities detected in the processes of transport and storage of information, since they store the information in centralized databases, often unencrypted, which are more prone to theft, fraud or manipulation, and although different security methods have been proposed to mitigate these vulnerabilities, the problem remains latent. In recent years, the use of DLT (distributed ledger technology) has been promoted as a new form of data protection due to the advantages it offers such as distributed storage, use of cryptographic methods that guarantee security, immutability and encryption of information. For this reason, this paper details the implementation of a Fintech technological platform under an on cloud architecture using DLT for the security in the transport and storage of financial transactions performed daily in the payment gateway "Pagar es Fácil". Taking into consideration the different types of existing DLT, the IOTA and Tatum platforms were chosen as DLT platforms because they are robust, free solutions with great scalability potential; the Agile Block Chain Dapp Engineering methodology was used for the development of the web and mobile applications; IONIC was used as framework for the mobile application, Laravel as backend framework, VueJs as frontend framework, Google architecture in servers, firebase as database and the expressJS framework for programming the connection endpoints between the developed applications and the Iota and Tatum API for sending and storing information. In the execution of the prototype, the transactions carried out by the users of Pagar es Fácil since the implementation of the DLTs were taken into account; different security tests were also applied in conjunction with the PCI-DSS level 3 certification for the security evaluation of the application. After analyzing the results, it is concluded that the use of DLT provides high security in the transport and storage of financial transactions in Fintech applications.

**Keywords**: blockchain, fintech, DLT, IOTA,Tatum, tangle.

ÍNDICE

[DEDICATORIA i](#_Toc86416874)

[AGRADECIMIENTO ii](#_Toc86416875)

[RESPONSABILIDAD DE AUTORIA iii](#_Toc86416876)

[REPORTE DE SIMILITUD TURNITIN iv](#_Toc86416877)

[CERTIFICACION DEL TUTOR v](#_Toc86416878)

[CESIÓN DE DERECHOS vi](#_Toc86416879)

[RESUMEN vii](#_Toc86416880)

[ABSTRACT viii](#_Toc86416881)

[ÍNDICE DE FIGURAS ii](#_Toc86416882)

[ÍNDICE DE TABLAS iii](#_Toc86416883)

[INTRODUCCIÓN 4](#_Toc86416884)

[CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO 10](#_Toc86416885)

[1.1 Antecedentes históricos. 10](#_Toc86416886)

[1.2 Antecedentes conceptuales. 14](#_Toc86416887)

[1.2.1 Hipótesis de la investigación. 14](#_Toc86416888)

[1.2.2 Red de categorías de las variables. 14](#_Toc86416889)

[1.2.2.1 Variable independiente. 14](#_Toc86416890)

[1.2.2.2 Variable independiente. 14](#_Toc86416891)

[1.2.3 Fundamentación teórica de la variable independiente. 15](#_Toc86416892)

[1.2.3.1 Gestión de la información. 15](#_Toc86416893)

[1.2.3.1.1 Tecnologías de registros distribuidos (DLT). 16](#_Toc86416894)

[1.2.3.1.2 Blockchain. 18](#_Toc86416895)

[1.2.3.1.3 Tangle DAG. 18](#_Toc86416896)

[1.2.4 Fundamentación teórica de la variable dependiente. 18](#_Toc86416897)

[1.2.4.1 Seguridad de la información. 18](#_Toc86416898)

[1.2.4.2 Cyber seguridad. 18](#_Toc86416899)

[1.2.4.3 Vulnerabilidades informáticas. 18](#_Toc86416900)

[1.2.4.4 Ataques en aplicaciones fintech. 18](#_Toc86416901)

[1.3 Antecedentes contextuales. 19](#_Toc86416902)

[1.3.1 Delimitación del contexto del estudio. 19](#_Toc86416903)

[1.3.2 Propuesta de solución y contribuciones. 20](#_Toc86416904)

[Bibliografía 23](#_Toc86416905)

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Organización cronológica de los antecedentes de las fintech y blockchain. 14

Figura 2: Red de categorías de las variables de investigación 15

Figura 3: Ledger centralizado y descentralizado en un ambiente Fintech 16

Figura 4: Clasificación de los DLT 17

Figura 5: Características de los DLT 17

Figura 6: Cantidad de usuarios en Pagar es Fácil 19

Figura 7: Arquitectura en transacciones financieras con IOTA 21

Figura 8: Arquitectura para transferencias internas y externas de criptomonedas 22

Figura 9: Arquitectura para marketplace usando smart contracts de Iotex 22

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Funcionalidades transaccionales de Pagar es Fácil 20

INTRODUCCIÓN

Desde su creación hace más de 30 años, el internet ha revolucionado el mundo tal y como lo conocemos, actualmente es un fenómeno mundial que influye sobre casi todos los ámbitos de la sociedad, en especial en el campo del comercio electrónico o e-commerce donde se realizan transacciones financieras de manera online desde la comodidad del hogar. Cabe recalcar que los métodos de pagos online mayormente utilizados por las personas en la actualidad son: tarjeta de crédito o débito proporcionadas por los bancos, las pasarelas de pagos que nacieron como una forma de realizar pagos más seguros y rápidos siendo Paypal una de las más sobresalientes y utilizadas por la mayoría de los negocios e-commerce [1] al igual que las transferencias bancarias, pero la que está teniendo más auge actualmente son las billeteras virtuales de criptomonedas utilizados principalmente para el trading y compra/venta de activos digitales [2]. Existe una constante que no puede dejarse de lado en cualquiera de las formas de pagos online mencionadas anteriormente y es que se han detectado un aumento progresivo de fraudes, estafas y robo de información tanto personal como de las tarjetas [3], estos problemas ocasionarían que las personas dejen de confiar en realizar compras online afectando así a millones de aplicaciones Fintech. Por tal razón, la comunidad científica ofrece soluciones aplicada a la seguridad en las transacciones financieras online como encriptaciones avanzadas y aprobadas mundialmente como AES o RSA para la protección de la información desde el lado del cliente, base de datos criptográficas en la nube como IOTA stronghold utilizada para la protección de secretos digitales (tokens, passwords etc) [4] y el uso de los DLT (tecnología de contabilidad distribuida) como una nueva forma de protección de datos dado a las ventajas que ofrece como almacenamiento distribuido, uso de métodos criptográficos que garantizan seguridad, inmutabilidad y encriptación de la información [5]. Brindar seguridad en los pagos online es de especial importancia debido a que potenciaría el uso de aplicaciones Fintech para el crecimiento económico de pequeñas y medianas empresas.

La propuesta de esta investigación surge tras las alertas de robos, fraudes y estafas en transacciones financieras online ocurridas especialmente entre los años 2020-2021 debido a la aparición del COVID-19 [6], esta pandemia mundial ha sido positiva en cierta medida para la industria de pagos digitales, según cifras de Mastercad y Americas Market Intelligence [7], se duplicó el número de personas que se volcaron a las transacciones online pasando del 45% al 83%, la explicación para este comportamiento es sencillo, las cuarentenas impuestas por los gobiernos mundiales obligaron a las personas a realizar pagos online, potenciando indirectamente el crecimiento exponencial de las aplicaciones Fintech [8]. El COVID-19 también afectó significativamente el mercado de las criptomonedas [9] detectándose un incremento de usuarios y de mercados Fintech que se volcaron al trading de estas [10] y a su vez el interés de los hackers por encontrar vulnerabilidades en estas [11].

Los datos generados por las aplicaciones Fintech durante las transacciones financieras son de alto valor y contienen información sensible en muchos aspectos y es de conocimiento público por noticias o artículos de los últimos años, los constantes robos de información, fraudes y estafas cometidas por estas aplicaciones que no implementan un sistema de seguridad robusto. Por tal motivo, acceder a estos datos tanto personales como financieras es un objetivo primordial para los hackers de todo el mundo. Estas vulnerabilidades se encuentran bien detalladas en el trabajo realizado por los autores Kaur, LashKari & Habibi [12], donde concluyeron que hasta en la actualidad aún siguen existiendo vulnerabilidades humanas, tecnológicas y de transacciones presentes en aplicaciones financieras. Los mismos autores Kaur, LashKari & Habibi [13] en otro de sus artículos dieron más ejemplos de amenazas cibernéticas y las motivaciones que impulsan estos incidentes, aplicaron varias metodologías de modelado de amenazas como STRIDE, TRIKE, VAST y PASTA para mitigar ataques en diferentes aplicaciones Fintech, sin embargo, esto no bastó para mitigar por completo todas las amenazas. Finalmente, el trabajo de los autores Huh, Cho & Kim [14] donde se implementó un sistema de encriptación de datos utilizando RSA para la protección de llaves privadas generados por Ethereum, una de las plataformas blockchain más populares actualmente, incluso en este trabajo no se han tomado en consideración otras medidas de seguridad presentes en los trabajos de Kaur, LashKari & Habibi. Quedó en claro en trabajos anteriores que existen muchas plataformas Fintech que no son óptimas para realizar transacciones financieras, inclusive cuando estas transaccionan con criptomonedas [15], surgiendo soluciones como los contratos inteligentes o smart contracts para la mitigación de fraudes y estafas financieras, siendo la red Ethereum la más utilizada para esta labor [16] [17]. Este asunto tan importante ha sido ignorado por la mayoría de empresas desarrolladoras de software por el afán de lanzar aplicaciones Fintech y ganar mercado en estos tiempos de pandemia [18].

En el trabajo realizado por Gatteschi [19] discute las ventajas y desventajas del blockchain y concluye que esta tecnología puede ser aplicada en cualquier sector, brindando grandes ventajas al sector Fintech [20]. Pero surgen varias limitantes sobre el uso de la tecnología blockchain demostradas por los autores Gatteschi [19] y Mesengiser & Miloslavskaya [21] que podrían ser un problema a futuro para las aplicaciones Fintech y son el rendimiento y sostenibilidad con el medio ambiente, con respecto al rendimiento, mientras más crece la red de blockchain, mayor será el tiempo de procesamiento de la transacción, Bitcoin, por ejemplo, tiene la capacidad de procesar transacciones por segundo muy bajas dependiendo del congestionamiento de la red [22] a comparación de las 65.000 transacciones por segundo reportas por la empresa Visa en este año [23], esto afectaría a las aplicaciones Fintech debido a que las mayorías de estas, son aplicaciones móviles y requieren que estas transacciones sean rápidas y sean reflejadas al usuario en el menor tiempo posibilidad sin afectar la usabilidad. Con respecto al daño ambiental, los autores Vries & Stoll [24] y Vries [25] analizaron los daños ambientales producidos por las criptomonedas mayormente desarrollados bajo la tecnología blockchain, siendo estos daños exponenciales para el medio ambiente, esta limitante ocasionaría un problema para muchas aplicaciones, incluidas las Fintech, dado a que a futuro muchas personas, empresas o instituciones gubernamentales como el gobierno de China por ejemplo [26], rechacen utilizar, apoyar o colaborar con aplicaciones desarrollados bajo la tecnología blockchain por el daño al medio ambiente que este ocasiona.

Es indiscutible que la utilización del blockchain proporciona una solución robusta, gratuita y segura pero esta tecnología por sí misma no es suficiente, debe ser combinada con otros sistemas de seguridad [27], esto se debe a las diferentes tecnologías existentes de las cuales están desarrolladas las diferentes aplicaciones que requieren protecciones tanto a nivel de servidores como de aplicación. A raíz de esto surgió IOTA como solución a los problemas de rendimiento y sostenibilidad presentes en blockchain pero esta tecnología igualmente presenta sus limitaciones ocasionadas por ser una tecnología relativamente nueva [28].

Como se detalló anteriormente, se debe tomar en cuenta las limitaciones de rentabilidad y sostenibilidad ofrecidas por la blockchain que afectaría negativamente a las aplicaciones Fintech en un futuro, la rentabilidad será menor a medida del crecimiento del blockchain dado a que genera un abismal consumo energético debido al tiempo que a estos le toman para resolver operaciones matemáticas complejas para concatenarse a la red [29] y a su vez generan residuos electrónicos [30]. Estos problemas se estudiaron mejor en la investigación realizado por Vries & Stoll [24] donde cuantificaron que toda la red del bitcoin genera por año una cantidad de 30,7 kilotoneladas de residuos electrónicos, que, según estos mismos autores, esta cantidad es comparable con los desperdicios generados por equipos electrónicos pequeños del país de Holanda. Entre las soluciones propuestas se encuentran diseñar estrategias de sostenibilidad ambiental para el blockchain propuesta por Bai & Sarkis & Cordeiro [31], los mismo autores Vries & Stoll [24] dan una solución de sustituir el sistema de minera (el protocolo Proof-of-work) en su totalidad, dado a que según los estudios realizados por los autores Nair & Dorai [32] y Gemeliarana & Sari [33] donde evaluaron el rendimiento y la seguridad que proporcionaba este protocolo en la red blockchain, siendo estos muy seguros pero su rendimiento será bajo y su costo eléctrico será alto dependiendo del crecimiento de la red, surgiendo de aquí propuestas como proof-of-contribution que reduce el consumo eléctrico al recompensar la dificultad de cálculo de un rompecabezas criptográfico [34] o el proof-of-stake que elimina la necesidad de batallar por resolver cálculos matemáticos por parte de los participantes sino que estas se ven limitadas por la cantidad de criptomonedas que poseen los participantes en sus billeteras [35].

Basados en las afirmaciones anteriores, la presente investigación utilizará el DLT de IOTA como solución a las problemáticas expuestas por los autores [19], [21], [29], [30] y [24], siendo IOTA la primera criptomoneda que se creó fuera del sistema blockchain [36], en su lugar utiliza Tangle que a diferencia del blockchain, solamente necesita confirmar dos transacciones de diferentes participantes para poder concatenar su transacción dentro del nodo de Tangle [37], resultando ser rentable para ser utilizado en aplicaciones Fintech debido a la rapidez en la confirmación de las transacción. El Tangle de IOTA hace posible que no exista la necesidad de utilizar la minería como en blockchain, con esto no afectaría al medio ambiente, en lugar de esto utiliza los propios dispositivos clientes como verificadores de transacciones, siendo perfecto para ser utilizado en el internet de las cosas (IoT) [38], [39] y en transacciones financieras debido a que no existen comisiones (fee) [40] que se carguen a las transacciones realizadas por los clientes en aplicaciones Fintech por citar un ejemplo. Lastimosamente, los Smart contracts de IOTA actualmente se encuentra en fase alfa [41], haciendo imposible su implementación inclusive para pruebas, por tal motivo se hará uso de los smart contracts proporcionado por la plataforma blockchain de Tatum para la demostración de la solución a la mitigación de fraudes y estafas en operaciones financieras realizadas con tarjetas de crédito o débito.

En base al trabajo de Taylor & otros [42] donde se realizó una revisión sistemática literaria de las ventajas de seguridad cibernética ofrecidas por la utilización del blockchain y en base al trabajo realizado por Ali & otros [43] donde muestran el estado actual de la utilización de la tecnología DLT en el sector financiero, se estableció el objetivo de esta investigación que busca la implementación de los DLT en aplicaciones Fintech para el almacenamiento seguro de las transacciones financieras, tomando en cuenta que la tecnología DLT estará presente en el futuro de la ciberseguridad financiera [44].

Por todo lo anteriormente redactado y con la intención de colaborar con el objetivo 3.7 propuesto en el plan nacional de desarrollo [45] que incentiva a la producción y consumo ambiental de manera responsable con el fin de incrementar la productividad de tecnologías y así combatir con la obsolescencia programada y a su vez otorgar un adecuado uso y protección de la información proporcionada por los usuarios así como lo estipula el artículo 66 numeral 19 de la Constitución de la República del Ecuador [46] y la Ley Orgánica de Protección de Datos Personales [47] se realizó la presente investigación que tiene como objetivo la implementación de tecnologías de registros distribuidos (DLT) para el almacenamiento seguro de las transacciones financieras realizadas en todas las funcionalidades proporcionadas por la plataforma fintech Pagar es Fácil, partiendo de la hipótesis de que utilizar DLT otorgará ventajas como seguridad, inmutabilidad, integridad, no repudio, disponibilidad y confidencialidad de los datos generados en las transacciones financieras de la plataforma anteriormente mencionada, mitigando los fraudes y estafas producidos por usuarios al realizar operaciones financieras con tarjetas de crédito/débito utilizando el almacenamiento con coste cero de Tangle de IOTA y los smart contracts de la plataforma Tatum con blockchain.

Para el cumplimiento del objetivo detallado anteriormente, se diseñó una aplicación web y móvil las cuales se encuentran funcionando en arquitecturas cloud bajo la plataforma de Google, son diferentes instancias las cuales proporcionan una arquitectura basado en eventos y microservicios, estos microservicios proporcionan las Apis necesarias para el procesamiento de datos a través del protocolo https y la interfaz de programación API-REST y a su vez estos se encargarán de realizar el almacenamiento de los datos en los DLT utilizando IOTA que gracias a su coste cero en sus almacenamientos será utilizado cuando se trate de transacciones financieras generales, se programarán smart contracts utilizando IoTex cuando se trate de compras realizadas en el marketplace y trading de criptomonedas y finalmente se utilizará Tatum como plataforma blockchain para la transferencias internas y externas de criptomonedas.

La investigación se realizó en un ambiente de producción, tomando como objeto de estudio todas las transacciones realizadas por los usuarios en la plataforma de Pagar es Fácil evaluando los medios de transporte, almacenamiento y seguridad de los datos. Tras la aplicación de las pruebas pertinentes realizadas al finalizar la implementación de la propuesta se concluye que el tangle de la plataforma de IOTA y de igual forma el blockchain proporcionado por la plataforma Tatum otorgan un alto nivel de seguridad tanto en el almacenamiento como en el transporte de la información realizada por los usuarios en las transacciones financieras. Sin embargo, también se debe tener a consideración las altas vulnerabilidades que se encuentran presentes cuando se utilizan pasarelas de pagos desarrollados por terceros. Se recomienda que estos procesos de pagos no solamente dependan de las bondades ofrecidas por blockchain o Tangle sino que también estos pagos tengan certificación PCI DSS mínimo de nivel 3, encriptación de datos de extremo a extremo y una certificación de seguridad como es la ISO 21000:2013.

La investigación se desarrollará en un total de 4 capítulos. El primer capítulo trata sobre la elaboración del estado de arte la cual está conformada por los antecedentes históricos, conceptuales y contextuales, todos enfocados a los objetos de estudios que son las Fintech y los DLT. El segundo capítulo indica todos materiales, métodos y metodologías que se utilizaron para el cumplimiento del objetivo general de la investigación. En el tercer capítulo se detalla los resultados obtenidos durante el proceso y finalmente en el cuarto capítulo se realiza la discusión de los resultados obtenidos haciendo énfasis en los hallazgos fundamentales, relación con otros trabajos, conclusiones y sugerencias para trabajos futuros.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

* 1. Antecedentes históricos.

Las transacciones financieras online tuvieron su nacimiento en el año 1979 gracias al inventor Michael Aldrich pero su idea fue puesta en producción en el año 1984 cuando la señora Jane Snowball realizó una compra por VideoTex [48], uno de los primeros sistemas e-commerce que implementaron las ventas online [49] naciendo a partir de aquí el término Fintech 1.0 [50]. Por los años 90 con la aparición de las primeras aplicaciones Fintech como Paypal y otras plataformas como Ebay, Amazon o Alibaba Group Holding donde se implementaron pagos online se da paso a las Fintech 2.0 con el objetivo de proporcionar soluciones al sector financiero y a su vez dar un gran salto en la industria tecnológica [51] pero a su vez nacieron nuevas formas e incremento en el número de estafas, fraudes y robo de información por parte de hackers que siguen aún presentes en tiempos actuales tal y como lo detallan los autores [52], [12] y [13].

Con respecto a las estafas o fraudes, debido a que estas nuevas formas de pago implementadas en su mayoría por sistemas e-commerce para aquella época eran tecnológicamente inmaduros, muchas de las veces se firmaban contratos entre las partes interesadas para asegurarse de que nadie cometa fraude, cuando se menciona la palabra contrato, lo primero en que se piensa es en un papel escrito donde se establecen ciertas condiciones que, al ser leídas y aceptadas por las partes implicadas, los firman y se comprometen a cumplir con dichas condiciones [53]. Actualmente, aunque este proceso sigue siendo utilizado en aspectos legales en todo el mundo, se ha dado un importante avance en cuanto a la automatización, seguridad y garantías con respecto a los contratos físicos tradicionales debido al surgimiento de los smart contracts o contratos inteligentes que se llevan desarrollando desde 1997 gracias al criptógrafo Nick Szabo quién acuñó el término smart contract por primera vez, pero debido a las limitaciones tecnológicas de la época no fue factible su idea de desarrollar un sistema de pagos que llevase el concepto de los contratos tradicionales a lo digital [54] pero esta situación se convirtió en viable con la creación del bitcoin en el año 2009 por Satoshi Nakamoto [55] gracias a la implementación de los DLT.

Antes del nacimiento del bitcoin, en el año 2008 las Fintech dieron un salto con su versión 3.0, naciendo de aquí el término startups, empresas emergentes cuya característica principal es tener proyectos de rápido crecimiento y vertiginoso [56] entre ellos, proyectos de tipo Fintech que debido a la creciente popularidad del bitcoin, muchas de estas aplicaciones se enfocaron en el trading de criptomonedas y esto fue conocido como la blockchain 1.0 [57].

Como se mencionó anteriormente, la idea propuesta por Szabo de implementar contratos inteligentes para la mitigación de estafas y fraudes en su tiempo no era posible pero gracias al surgimiento de la blockchain 2.0 en el año 2013 fue factible realizarlo, esta nueva versión del blockchain permitió la aplicación de esta tecnología a nuevos campos de investigación con la inclusión de los smart contracts, microtransacciones, smart property, aplicaciones descentralizadas (Dapps), DAOs y DACs [57] [58], siendo todas estas nuevas funcionalidades muy prácticas para la solución de posibles vulnerabilidades en aplicaciones informáticas. No cabe duda que la funcionalidad con mayor interés en el campo de las Fintech son los smart contracts dado al impulso que tuvo en el año 2014 gracias a la creación de Ethereum (plataforma open-source mayormente utilizada para programar contratos inteligentes [59]), los smart contract funcionan en un sistema descentralizado que no puede ser manipulado por ninguna de las partes implicadas en el contrato ni por organismos externos, el contrato se cumple por condiciones programadas, firmadas por las partes implicadas y enviada a una cadena de bloques donde se asegura inmutabilidad e indelebilidad [60] siendo perfecta para ser utilizada en compras por internet de un marketplace por citar un ejemplo práctico.

Debido a estos grandes avances del blockchain fue que a partir del año 2015 muchas entidades financieras decidieran invertir en la infraestructura blockchain, entre las entidades más destacados se encuentran: J.P Morgan Chase que creó una división enfocada enteramente al blockchain [61] de las cuales se obtuvieron como resultado su propia blockchain privada denominada Quorum desarrollado bajo el código Ethereum [62] y en el año 2019 lanzaron su propia criptomoneda llamada JPMCoin [63], cabe recalcar que Quorum fue diseñado para satisfacer las necesidades de las instituciones financieras [64] siendo una excelente opción para ser utilizada en aplicaciones Fintech. Otro caso significativo de implementación del blockchain en instituciones financieras fue por parte del Banco Santander de España, en el año 2016 inició sus pruebas en conjunto con la Empresa Ripple (creadora de la criptomoneda XRP [65]) para desarrollar servicios de pagos internacionales dando como resultado su servicio Fintech denominado Santander One Pay FX [66]. También es importante resaltar a otros bancos como The Hong Kong and Shanghai Banking Corporation (HSBC) de Reino Unido con su red privada blockchain FX Everywhere lanzada en el 2018, el Wells Fargo (EEUU) con su sistema Wells Fargo Digital Cash basado en blockchain R3, BTG Pactual (Brasil) con su token ReitBZ y Mitsubishi UFJ Financial Group (Japón) con su red privada blockchain Global Open Network y su criptomoneda MUFG Coin [67].

Pero no todo lo proporcionado por la blockchain 2.0 son ventajas, en los últimos 5 años se han elaborado artículos donde se detallan ciertos inconvenientes que a futuro serían un problema para todas las aplicaciones que utilicen blockchain y una de ellas es la rentabilidad; para que un nodo sea considerado como válido dentro de la red deberá ser aprobado por más del 50% de nodos en la red blockchain (one-cpu-one-vote) [68] lo que quiere decir que, mientras más crezca la red, mayor será el tiempo de procesar una transacción, siendo esto ya no tan rentable para aplicaciones desarrolladas por startups o microempresas, de igual forma sucede con las comisiones o fee que se cobran por cada transacción, estas comisiones no están reguladas y varían dependiendo de varios factores como el congestionamiento de la red, el valor de la criptomoneda [69] agregando un costo adicional (muchas de la veces exageradamente altas) a las transacciones realizadas por los usuarios y como último inconveniente está el alto consumo de energía, esto se evidencia en los artículos elaborados por los autores [12], [13], [24], [25] & [31] y aunque existen soluciones como el Proof-of-work o Proof-of-stake para minorizar el consumo eléctrico, el problema de la sostenibilidad ambiental sigue presente en la actualidad.

Debido a estos problemas de rentabilidad, sostenibilidad y escalabilidad documentados en los últimos años por la utilización de los DLT, en el año 2017 se dio paso a una próxima evolución del blockchain, conocido como la blockchain 3.0 que son redes creadas para soportar aplicaciones descentralizadas pero con la ventaja de tener mayor capacidad que las redes pioneras del blockchain (bitcoin y Ethereum) [70] siendo la red Cardano (criptomoneda ADA) una de las más sobresalientes de esta nueva tecnología [71] y aunque estas nuevas redes solucionan gran parte de estos problemas, no lo solucionan del todo, naciendo de aquí DLT IOTA como solución a todos los problemas mencionados anteriormente y es por esto que IOTA no es considerada un blockchain sino un Tangle basado en tecnología DAG [72].

Gracias al protocolo de consenso de IOTA [73], permite que no existan distinción entre mineros y usuarios (ambos se consideran como nodos), haciendo que todos los nodos de la red sean participantes en operaciones computacionales que no requieren de mucho consumo de energía como almacenamiento y validaciones de transacciones, solucionando de esta manera el problema de la sostenibilidad ambiental dado por la tecnología blockchain y al no existir los mineros, ya no existe la necesidad de pagar por un fee cada vez que se realiza una transacción, cada transacción realizada con IOTA tiene un coste cero o también conocido como fee con valor cero [74], haciéndolo perfecto para ser utilizado en micropagos de IoT [75] o para aplicaciones Fintech. En cuestión de la rentabilidad, en IOTA no se requiere que al menos el 50% de nodos de la red aprueba la transacción para unirla a la red, cada usuario de IOTA puede realizar una transacción, pero para unirla a la red deberá validar al menos dos transacciones que antecederán a su nodo y posteriormente otro nodo validará la transacción inicial [76], la ventaja de esto es que incrementa mucho la rentabilidad en las transacciones realizadas en cualquier aplicación, serán más veloces, seguras y altamente escalable. Un aspecto negativo con respecto a IOTA, se debe a la carencia de implementación de los smart contracts, según el reporte del mes de marzo del 2021 de IOTA [41], los smart contract se encuentra actualmente en fase alfa esperando que en el año 2022 se lanze su versión beta para los desarrolladores, por lo tanto, Ethereum sigue siendo líder actualmente en la construcción de smart contracts [77].

Debido al surgimiento del COVID-19, las aplicaciones Fintech tuvieron un crecimiento considerable durante los años 2020-2021 [10], se registraron incrementos en la cantidad de usuarios que se inclinaron por realizar compras online e invertir en la bolsa de valores de criptomonedas [78], pero a su vez se detectaron un incremento de la ciberdelincuencia en estas aplicaciones [79] - [80]. La implementación de los DLT en el campo de las Fintech, con todas las virtudes descritas anteriormente en esta investigación, surge como una medida extra de seguridad para dichas aplicaciones y aunque estas no logren solucionar todas vulnerabilidades por completo, es un esfuerzo adicional que la comunidad científica ofrece como protección a posibles ataques informáticos relacionados a las aplicaciones Fintech como se muestra en el trabajo realizado por Angelis y Ribeiro da Silva [81] & Mohanta y otros [82], actualmente se está trabajando en la blockchain 4.0, que a pesar de que en esta investigación no se utilizará esta tendencia, la característica de inclusión de la inteligencia artificial al blockchain sería un gran avance para la mitigación de fraudes y estafas en transacciones financieras online. La figura 1 presenta una síntesis de los antecedentes históricos elaborado para esta investigación.

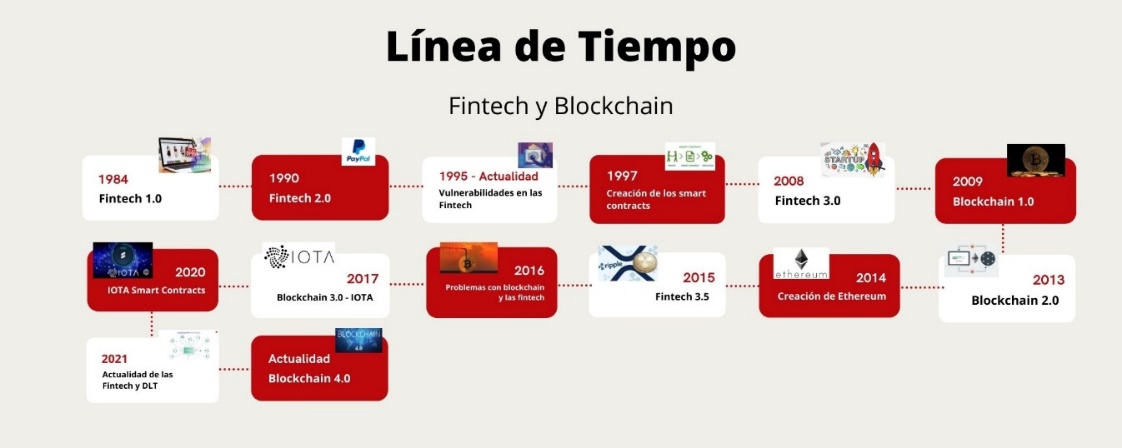


Figura 1: Organización cronológica de los antecedentes de las fintech y blockchain.

**Fuente: Elaboración propia**

However, from a purely technological viewpoint, there are voices claiming that

IOTA, Nano, or Byteball, for instance, are not really blockchains; they are seen as post-blockcha

* 1. Antecedentes conceptuales.
     1. Hipótesis de la investigación.

Para la presente investigación se elaboró la hipótesis de investigación (Hi) y la hipótesis nula (Ho) que serán analizadas durante el desarrollo de la investigación y su validez se mostrarán en el capítulo IV en la sección de discusión de resultados obtenidos.

**Hi:** La aplicación de tecnologías de registros distribuidos (DLT) incrementa la seguridad de los datos en el almacenamiento de las transacciones financieras en aplicaciones Fintech.

**Ho:** La aplicación de tecnologías de registros distribuidos (DLT) no incrementa la seguridad de los datos en el almacenamiento de las transacciones financieras en aplicaciones Fintech.

* + 1. Red de categorías de las variables.
       1. Variable independiente.
* Tecnologías de registros distribuidos (DLT).
  + - 1. Variable independiente.
* Seguridad de los datos en el almacenamiento de las transacciones financieras en aplicaciones Fintech.

En la figura 2 se muestra la red de categorías de las variables de investigación seleccionadas para las variables dependientes e independientes.



Figura 2: Red de categorías de las variables de investigación

**Fuente: Elaboración propia**

* + 1. Fundamentación teórica de la variable independiente.

La variable independiente seleccionada para esta investigación son las formas de almacenamiento y como estas ayudarían a la seguridad de los datos personales y financieros en aplicaciones Fintech, partiendo desde lo más general como es la gestión de la información a lo más específico que son las tecnologías de registros distribuidos.

* + - 1. Gestión de la información.

La gestión de la información, también conocida como GI, se refiere a todos los procesos que intervienen durante el ciclo de vida de la información, partiendo desde su captura hasta su eliminación y durante ese proceso se incluyen tareas como extracción, combinación, depuración, almacenamiento y distribución de la información a todos los stakeholders [83]. El objetivo final de los GI es la garantización de la confidencialidad, disponibilidad e integridad de los datos [84], aspectos importantes a tener en cuenta en aplicaciones fintech que se relacionan con la Ley Orgánica de Protección de datos personales [47].

Para la gestión de la información se utiliza diferentes medios de almacenamiento como pueden ser base de datos no estructuradas, base de datos relacionales y no relacionales para salvaguardar la información pero actualmente se está optando por almacenarlo en la nube debido a su gran potencial de escalabilidad y seguridad para la información [85], naciendo los DLT como una nueva forma de almacenamiento para la gestión de la información, esta afirmación acerca del blockchain viene sustentada por los trabajos realizados por Yang [86] y Sheng [87].

* + - * 1. Tecnologías de registros distribuidos (DLT).

Los DLT involucran varias tecnologías dando como resultado una base de datos que no es supervisada por ninguna entidad, es decir, es no centralizada, la ventaja de registrar cualquier tipo de información de manera descentralizada es el aumento de seguridad de los datos [88], ya que un hacker no podría acceder a esta información debido a que se encontraría distribuida en múltiples servidores. En la figura 3 se ilustra el funcionamiento de los DLT y se pondrá como contexto las aplicaciones Fintech en un ledger centralizado en comparación con un ledger descentralizado.

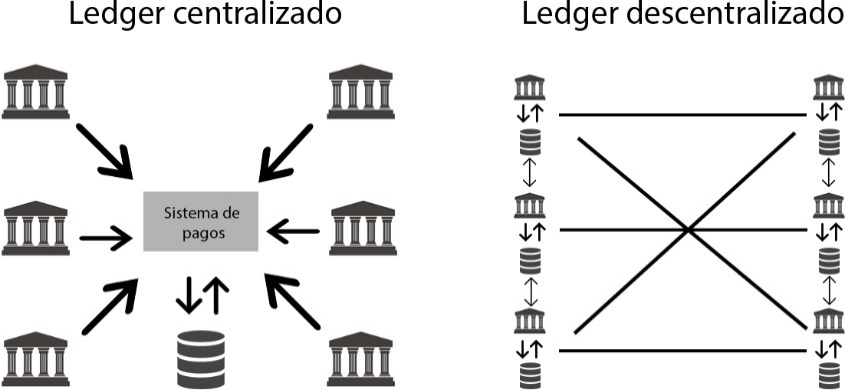


Figura 3: Ledger centralizado y descentralizado en un ambiente Fintech

**Fuente: Elaboración propia**

El autor Hashimy [89] detalla las ventajas más sobresalientes de los DLT de los cuales se encuentran que mejoran la eficiencia en la distribución de la información, también reduce los costos debido a que una institución ya no gastaría dinero en pagar servidores, sino que utilizaría el almacenamiento público de las redes de los DLT, al igual que la garantización de la inmutabilidad, trazabilidad, seguridad y transparencia de los datos almacenados.

En cuestión de su clasificación, el autor Zhuang [90] clasifica a los DLT en tres tipos, el blockchain, Tempo Ledger y DAG Ledger, en la figura 4 se muestra un organigrama elaborado por este mismo autor indicando los tipos de DLT y algunas tecnologías involucradas en ellas, es importante conocer esta clasificación debido a que en esta investigación se hará uso del blockchain y DAG como propuesta de solución y algo que llama la atención de la clasificación propuesta por Zhuang, es que coloca a IOTA como de tipo Tempo Ledger, esto entra a discusión con el autor Sadasiuvam [91] el cual indica que IOTA es un DAG al igual que HyperLedger Fabric que el autor Nawari [30] lo coloca de tipo blockchain y el autor Zhuang lo coloca de tipo DAG.



Figura 4: Clasificación de los DLT

**Fuente:** [90]

En la figura 5 elaborado por Bahar [92]proporciona más características de los DLT, una de ellas es su amplia aplicación en diferentes campos como puede ser en la medicina, Iot, finanzas, industrias y mucho más, demostrando la gran versatilidad de esta tecnología en ser aplicadas en muchos dispositivos tecnológicos (smart watch, celulares, laptos, routers etc). Actualmente existen dos estructuras en como la información en los DLT se distribuye dentro de la red, la primera es en forma de cadena de bloques como es el caso del blockchain y como DAG en el caso del Tangle [93] y cada una de ellas manejan sus propios protocolos de consenso entre las más destacadas se encuentran el proof-of-work, proof-of-stake, proof-of-contribution, FPC (IOTA) [94] y también ventajas únicas como la implementación de smart contracts muy baratas con IoTex blockchain o un almacenamiento con coste cero con IOTA [38].



Figura 5: Características de los DLT

**Fuente:** [92]

* + - * 1. Blockchain.
        2. Tangle DAG.

Fast Probabilistic Consensus (FPC).

* + 1. Fundamentación teórica de la variable dependiente.
       1. Seguridad de la información.
       2. Cyber seguridad.
       3. Vulnerabilidades informáticas.
       4. Ataques en aplicaciones fintech.
  1. Antecedentes contextuales.
     1. Delimitación del contexto del estudio.

La presente investigación se realizará en un ambiente de producción, tomando como objeto de estudio todas las transacciones realizadas por los usuarios en las diferentes funcionalidades ofrecidas por la plataforma Fintech “Pagar es Fácil”, que según su web oficial lo definen como un “eje de negocios digitales, enfocado principalmente a pequeños y medianos empresarios donde podrán comprar/vender productos o servicios, transaccionar con tarjetas de créditos y criptomonedas, poseer su propia billetera virtual, pagar servicios básicos entre otras funcionalidades” [95]. Su misión está enfocada en facilitar aspectos de negocios de los usuarios a través de procesos digitales de manera simple, rápida y segura. Su visión se centra en convertirse en el eje de negocios digitales más grande de América Latina [96], para esto, Pagar es Fácil requiere de la implementación de los DLT en todos sus procesos financieros para incrementar la seguridad de los datos transaccionales y a su vez mitigar los problemas de fraudes/estafas detectadas en las funcionalidades de los marketplace y en la utilización de tarjetas de crédito dentro de la plataforma por parte de los usuarios. Mientras más va creciendo la plataforma, más seguridad se debe implementar tanto en el transporte como en el almacenamiento de los datos que son puntos potenciales de ataques para hackers.

Actualmente, Pagar es Fácil cuenta con un aproximado de 125.00 usuarios (Ver figura 6) de los cuales se analizarán las transacciones realizadas en las siguientes funcionalidades detalladas en la Tabla 1.

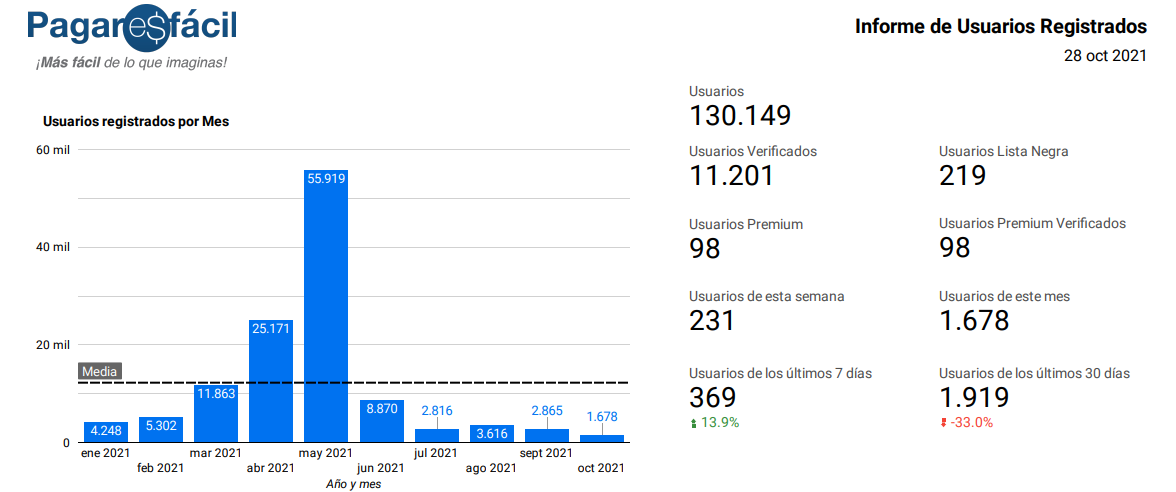


Figura 6: Cantidad de usuarios en Pagar es Fácil

**Fuente: Datos estadísticos obtenidos de la plataforma.**

|  |  |
| --- | --- |
| Funcionalidades transaccionales | Promedio de usuarios por día. |
| Marketplace de productos/servicios |  |
| Marketplace de criptomonedas (En desarrollo) | 0 |
| Transferencia internas y externas de criptomonedas (En desarrollo) | 0 |
| Link de pagos masivos |  |
| Link de pagos por contacto |  |
| Link de billetera |  |
| Pagos recurrentes. |  |
| Compra de saldos por Paypal. |  |
| Compra de saldos por Red Activa / Wester Union |  |
| Recarga de billetera con tarjetas de crédito |  |
| Compra de giftcards |  |
| Pago de servicios básicos |  |
| Retiro de dinero |  |
| Transferencias interbilleteras |  |
| Remesas del exterior con tarjetas de crédito y billetera virtual |  |
| Pagos con QR Code |  |
| Api para desarrolladores y plugin de WordPress para WooCommerce |  |
| Verificación de identidad |  |
| Verificación de registro de tarjetas de crédito |  |
| Compra de acciones |  |

Tabla 1: Funcionalidades transaccionales de Pagar es Fácil

**Fuente: Datos estadísticos obtenidos de la plataforma.**

* + 1. Propuesta de solución y contribuciones.

Como se pudo apreciar en la sección de introducción y antecedentes históricos, desde su creación hasta la actualidad se han detectado vulnerabilidades en las aplicaciones Fintech, especialmente entre los años 2020-2021 por la presencia del COVID-19 y aunque la comunidad científica ha realizado investigaciones para aumentar la seguridad en estas aplicaciones, aún queda un largo camino por recorrer.

La presente investigación pretende solucionar los problemas de estafas y fraudes en aplicaciones Fintech tomando como objeto de estudio la plataforma Pagar es Fácil, por tal motivo, se diseñó una aplicación web y móvil las cuales se encuentran funcionando en arquitecturas cloud bajo la plataforma de Google, son diferentes instancias las cuales proporcionan una arquitectura basado en eventos y microservicios, estos microservicios proporcionan las Apis necesarias para el procesamiento de datos a través del protocolo https y la interfaz de programación API-REST y a su vez estos se encargarán de realizar el almacenamiento de los datos en los DLT.

La propuesta de solución consta de tres puntos:

* Utilizar IOTA que gracias a su coste cero en sus almacenamientos será utilizado en transacciones financieras generales, como pueden ser la utilización de tarjetas de créditos o movimientos del saldo de billetera dentro de la plataforma, se guardará en IOTA información como ubicación, ip, dirección, últimas conexiones entre otras informaciones de los usuarios para posteriormente ser utilizado como soporte para defenderse ante un posible reclamo de fraude por parte de las entidades bancarias, en la figura 7 se detalla una primera versión de la arquitectura a utilizarse.



Figura : Arquitectura en transacciones financieras con IOTA

***Fuente: Elaboración propia***

* Se utilizará Tatum como plataforma blockchain para las transferencias internas y externas de criptomonedas y de igual forma se hará uso de IOTA para almacenar las transacciones realizadas y sea un soporte inmutable de los tradings realizados, en la figura 8 se detalla una primera versión de la arquitectura a utilizarse.



Figura 8: Arquitectura para transferencias internas y externas de criptomonedas

***Fuente: Elaboración propia***

* Finalmente, se programarán smart contracts para mitigar problemas de estafas utilizando IoTex blockchain cuando se trate de compras y ventas realizadas en el marketplace de productos/servicios y en el marketplace de criptomonedas donde se realizarán tradings y para eso también se hará uso de la plataforma Tatum. Las transacciones financieras resultantes serán almacenadas en IOTA, en la figura 9 se detalla una primera versión de la arquitectura a utilizarse.



Figura : Arquitectura para marketplace usando smart contracts de Iotex

***Fuente: Elaboración propia***

# Bibliografía

|  |  |
| --- | --- |
| [1] | V. Creuz, «División financiera del trabajo en sistemas de pagos en Argentina y Brasil,» *Revista Geográfica Venezolana,* vol. 60, nº 2, pp. 430-445, 2019. |
| [2] | A. Cortez y A. Tulcanaza, «BITCOIN: SU INFLUENCIA EN EL MUNDO GLOBAL Y SU RELACIÓN CON EL MERCADO DE VALORES,» *Revista Chakiñan de Ciencias Sociales y Humanidades,* nº 5, pp. 54-72, 2018. |
| [3] | A. Pawlicka, M. Choraś, M. Pawlicki y R. Kozik, «A $10 million question and other cybersecurity-related ethical dilemmas amid the COVID-19 pandemic,» *Business Horizons,* 2021. |
| [4] | IOTA, «IOTA Stronghold,» 2021. [En línea]. Available: https://stronghold.docs.iota.org/docs/welcome. [Último acceso: 2021]. |
| [5] | A. Panwar y V. Bhatnagar, «Distributed Ledger Technology (DLT): The Beginning of a Technological Revolution for Blockchain,» *2nd International Conference on Data, Engineering and Applications (IDEA),* pp. 1-5, 2020. |
| [6] | J. D. N. I. M. A. H. Y. B. d. l. Á. &. V. M. J. A. Tello Saldaña, «Impacto de los canales de comercialización online en tiempos del COVID-19,» *INNOVA Research Journal,* vol. 5, nº 3, pp. 15-39, 2020. |
| [7] | A. M. Intelligence, «La aceleración de la inclusión financiera durante la pandemia de COVID-19. Oportunidades ocultas que salen a relucir,» 2020. [En línea]. Available: https://www.mastercard.com/news/media/qdxlk0nc/ami\_201016\_mastercard\_financial\_inclusion\_during\_covid\_es\_short\_03-1.pdf. [Último acceso: 2021]. |
| [8] | M. T. Le, «Examining factors that boost intention and loyalty to use Fintech post-COVID-19 lockdown as a new normal behavior,» *Heliyon,* vol. 7, nº 8, 2021. |
| [9] | S. Lahmiri y S. Bekiros, «The effect of COVID-19 on long memory in returns and volatility of cryptocurrency and stock markets,» *Chaos, Solitons & Fractals,* vol. 151, 2021,. |
| [10] | L. Y. M. A. N. Lan-TN Le, «Did COVID-19 change spillover patterns between Fintech and other asset classes?,» *Research in International Business and Finance,* vol. 58, 2021. |
| [11] | C. F. Security, «Cybercrime in a time of coronavirus,» *Computer Fraud & Security,* vol. 2020, nº 5, pp. 1-3, 2020. |
| [12] | G. Kaur, Z. H. Lashkari y A. H. Lashkari, «Cybersecurity Vulnerabilities in FinTech,» *Understanding Cybersecurity Management in FinTech. Future of Business and Finance. Springer, Cham,* pp. 89-102, 2021. |
| [13] | G. Kaur, Z. H. Lashkari y A. H. Lashkari, «Cybersecurity Threats in FinTech,» *Understanding Cybersecurity Management in FinTech. Future of Business and Finance. Springer, Cham,* pp. 65-87, 2021. |
| [14] | S. Huh, S. Cho y S. Kim, «Managing IoT devices using blockchain platform,» *19th International Conference on Advanced Communication Technology (ICACT),* pp. 464-467, 2017. |
| [15] | D. Luo, T. Mishra, L. Yarovaya y Z. Zhang, «Investing during a Fintech Revolution: Ambiguity and return risk in cryptocurrencies,» *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money,* vol. 73, 2021. |
| [16] | G. Destefanis, M. Marchesi, M. Ortu, R. Tonelli, A. Bracciali y R. Hierons, «Smart contracts vulnerabilities: a call for blockchain software engineering?,» *International Workshop on Blockchain Oriented Software Engineering (IWBOSE),* pp. 19-25, 2018. |
| [17] | L. Liu, W.-T. Tsai, M. Z. A. Bhuiyan, H. Peng y M. Liu, «Blockchain-enabled fraud discovery through abnormal smart contract detection on Ethereum,,» *Future Generation Computer Systems,* 2021. |
| [18] | P. K. Ozili, «Financial Inclusion and Fintech during COVID-19 Crisis: Policy Solutions,» *The Company Lawyer Journal,* vol. 8, pp. 1-9. |
| [19] | V. Gatteschi, F. Lamberti, C. Demartini, C. Pranteda y V. Santamaría, «To Blockchain or Not to Blockchain: That Is the Question,» *IT Professional,* vol. 20, nº 2, pp. 62-74, 2018. |
| [20] | W. (. Du, S. L. Pan, D. E. Leidner y W. Ying, «Affordances, experimentation and actualization of FinTech: A blockchain implementation study,» *The Journal of Strategic Information Systems,* vol. 28, nº 1, pp. 50-65, 2019. |
| [21] | Y. Mesengiser y N. Miloslavskaya, «Problems of Using Redactable Blockchain Technology,» *Procedia Computer Science,* vol. 190, pp. 582-589, 2021. |
| [22] | K. P. Tsang y Z. Yang, «The market for bitcoin transactions,» *Journal of International Financial Markets, Institutions and Money,* vol. 71, 2021. |
| [23] | Visa, «VisaNet: el poder de conectar al mundo,» 2021. [En línea]. Available: https://www.visa.com.ec/la-diferencia-visa/impacto-global/visanet-poder-conectar-mundo.html. [Último acceso: 06 10 2021]. |
| [24] | A. d. Vries y C. Stoll, «Bitcoin's growing e-waste problem,» *Resources, Conservation and Recycling,* vol. 175, 2021. |
| [25] | A. d. Vries, «Renewable Energy Will Not Solve Bitcoin’s Sustainability Problem,» *Joule,,* vol. 3, nº 4, pp. 893-898, 2019. |
| [26] | G. Cao y W. Xie, «The impact of the shutdown policy on the asymmetric interdependence structure and risk transmission of cryptocurrency and China’s financial market,» *The North American Journal of Economics and Finance,* vol. 58, 2021. |
| [27] | S. Gomathi, M. Soni, G. Dhiman, R. Govindaraj y P. Kumar, «A survey on applications and security issues of blockchain technology in business sectors,» *Materials Today: Proceedings,* 2021. |
| [28] | M. Bhandary, M. Parmar y D. Ambawade, «Securing Logs of a System - An IoTA Tangle Use Case,» *2020 International Conference on Electronics and Sustainable Communication Systems (ICESC),* pp. 697-702, 2020. |
| [29] | J. A. PADILLA SÁNCHEZ, «Blockchain y contratos inteligentes: aproximación a sus problemáticas y retos jurídicos,» *Revista de Derecho Privado,* nº 39, pp. 175-201, 2020. |
| [30] | N. O. Nawari y Shriraam Ravindran, «Blockchain and the built environment: Potentials and limitations,» *Journal of Building Engineering,* vol. 25, 2019. |
| [31] | C. A. Bai, J. Cordeiro y J. Sarkis, «Blockchain technology: Business, strategy, the environment and sustainability,» *Business Strategy and the Environment,* vol. 29, nº 1, pp. 321-322, 2019. |
| [32] | P. R. Nair y D. R. Dorai, «Evaluation of Performance and Security of Proof of Work and Proof of Stake using Blockchain,» *Third International Conference on Intelligent Communication Technologies and Virtual Mobile Networks (ICICV),* pp. 279-283, 2021. |
| [33] | I. G. A. K. Gemeliarana y R. F. Sari, «Evaluation of Proof of Work (POW) Blockchains Security Network on Selfish Mining,» *International Seminar on Research of Information Technology and Intelligent Systems (ISRITI),* pp. 126-130, 2018. |
| [34] | T. Xue, Y. Yuan, Z. Ahmed, K. Moniz, G. Cao y C. Wang, «Proof of Contribution: A Modification of Proof of Work to Increase Mining Efficiency,» *IEEE 42nd Annual Computer Software and Applications Conference (COMPSAC),* pp. 636-644, 2018. |
| [35] | S. A. Y. Chicaiza, C. N. S. Chafla, L. F. E. Álvarez, P. F. I. Matute y R. D. Rodriguez, «Analysis of information security in the PoW (Proof of Work) and PoS (Proof of Stake)blockchain protocols as an alternative for handling confidential nformation in the public finance ecuadorian sector,» *16th Iberian Conference on Information Systems and Technologies (CISTI),* pp. 1-5, 2021. |
| [36] | P. Perazzo, A. Arena y G. Dini, «An Analysis of Routing Attacks Against IOTA Cryptocurrency,» *IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain),* pp. 517-524, 2020. |
| [37] | M. Bhandary, M. Parmar y D. Ambawade, «A Blockchain Solution based on Directed Acyclic Graph for IoT Data Security using IoTA Tangle,» *5th International Conference on Communication and Electronics Systems (ICCES),* pp. 827-832, 2020. |
| [38] | W. F. Silvano y R. Marcelino, «Iota Tangle: A cryptocurrency to communicate Internet-of-Things data,» *Future Generation Computer Systems,* vol. 112, pp. 307-319, 2020. |
| [39] | F. Guo, X. Xiao, A. Hecker y S. Dustdar, «Characterizing IOTA Tangle with Empirical Data,» *IEEE Global Communications Conference,* pp. 1-6, 2020. |
| [40] | B. M. Agostinho, M. M. Pereira, A. P. Back, A. S. R. Pinto y M. A. R. Dantas, «Iota vs. Ripple: A Comparison Inside An Economy of Things Architecture for Industry 4.0,» *IEEE 6th World Forum on Internet of Things (WF-IoT),* pp. 1-6, 2020. |
| [41] | IOTA, «Blog IOta,» 2021. [En línea]. Available: https://blog.iota.org/iota-smart-contracts-protocol-alpha-release/. [Último acceso: 08 10 2021]. |
| [42] | P. J. Taylor, T. Dargahi, A. Dehghantanha, R. M. Parizi y K.-K. R. Choo, «A systematic literature review of blockchain cyber security,» *Digital Communications and Networks,* pp. 147-156, 2020. |
| [43] | M. A. C. Y. D. Omar Ali, «The state of play of blockchain technology in the financial services sector: A systematic literature review,» *International Journal of Information Management,* vol. 54, 2020. |
| [44] | S. Demirkan, I. Demirkan y A. McKee, «Blockchain technology in the future of business cyber security and accounting,» *Journal of Management Analytics,* vol. 7, nº 2, pp. 189-208, 2020. |
| [45] | D. Secretaría Nacional de Planificación y, «Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021-Toda una Vida,» 2017. [En línea]. Available: https://www.planificacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2017/10/PNBV-26-OCT-FINAL\_0K.compressed1.pdf. |
| [46] | E. Constitución de la República del, «Ministerio de Educación del Ecuador,» 2008. [En línea]. Available: https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Constitucion.pdf. [Último acceso: 05 10 2021]. |
| [47] | A. N. d. Ecuador, «Ley orgánica de datos personales,» 2021. [En línea]. Available: https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/2021/06/Ley-Organica-de-Datos-Personales.pdf. [Último acceso: 30 09 2021]. |
| [48] | K. Hausken, «Cyber resilience in firms, organizations and societies,» *Internet of Things,* vol. 11, 2020. |
| [49] | A. M. Chitnis y J. M. Costa, «Videotex Services: Network and Terminal Alternatives,» *IEEE Transactions on Consumer Electronics,* Vols. %1 de %2CE-25, nº 3, pp. 269-278, 1979. |
| [50] | L. Abdillah, «An Overview of Indonesian Fintech Application,» *The First International Conference on Communication, Information Technology and Youth Study (I-CITYS2019),* 2019. |
| [51] | G. Bayramoğlu, «An Overview of the Artificial Intelligence Applications in Fintech and Regtech,» *he Impact of Artificial Intelligence on Governance, Economics and Finance,* vol. 1, p. 13, 2021. |
| [52] | A. W. Ng y B. K. Kwok, «Emergence of Fintech and cybersecurity in a global financial centre: Strategic approach by a regulator,» *Journal of Financial Regulation and Compliance,* vol. 25, nº 4, pp. 422-434, 2017. |
| [53] | M. Castro de Cifuentes, «Los contratos normativos y los contratos marco en el derecho privado contemporáneo,» *Revista Estudios Socio-Jurídicos,* vol. 21, nº 1, pp. 121-150, 2019. |
| [54] | S. Nick, «Formalizing and Securing Relationships on Public Networks,» *First Monday,* 1997. |
| [55] | M. Rahouti, K. Xiong y N. Ghani, «Bitcoin Concepts, Threats, and Machine-Learning Security Solutions,» *IEEE Access,* vol. 6, pp. 67189-67205, 2018. |
| [56] | C. C. Vergara y L. F. Agudo, «Fintech and Sustainability: Do They Affect Each Other?,» *Sustainability,* vol. 13, nº 13, p. 7012, 2021. |
| [57] | M. Xu, X. Chen y G. Kou, «A systematic review of blockchain,» *Financial Innovation,* vol. 5, nº 27, 2019. |
| [58] | R. Colomo-Palacios, M. Sánchez-Gordón y D. Arias-Aranda, «A critical review on blockchain assessment initiatives: Atechnology evolution viewpoint,» *Journal of Software: Evolution and Process,* 2020. |
| [59] | S. Bistarelli, G. Mazzante, M. Micheletti, L. Mostarda, D. Sestili y F. Tiezzi, «Ethereum smart contracts: Analysis and statistics of their source code and opcodes,» *Internet of Things,* vol. 11, 2020,. |
| [60] | A. L. Vivar, A. L. Sandoval, O. L. Javier y G. Villalba, «A security framework for Ethereum smart contracts,» *Computer communications,* vol. 175, nº 15, pp. 119-129, 2021. |
| [61] | M. U. Chowdhury, K. Suchana, S. M. E. Alam y M. M. Khan, «Blockchain Application in Banking,» *Journal of Software Engineering,* vol. 14, pp. 298-311, 2021. |
| [62] | M. Mazzoni, A. Corradi y V. D. Nicola, «Performance evaluation of permissioned blockchains for financial applications: The ConsenSys Quorum case study,» *Blockchain: Research and Applications,* 2021. |
| [63] | A. I. Sanka, M. Irfan y R. C. C. Ian Huang, «A survey of breakthrough in blockchain technology: Adoptions, applications, challenges and future research,» *Computer Communications,* vol. 169, 2021. |
| [64] | J. Polge, J. Robert y Y. L. Traon, «Permissioned blockchain frameworks in the industry: A comparison,» *ICT Express,* vol. 7, nº 2, pp. 229-233, 2021. |
| [65] | J. J. R. Yasay, «The Dawn of Digital Coins: A Literature Review on Cryptocurrency in the Philippines,» *International Journal of Innovative Science and Research Technology,* vol. 6, nº 5, 2021. |
| [66] | S. Perera, S. Nanayakkara, M. Rodrigo, S. Senaratne y R. Weinand, «Blockchain technology - Is it hype or real in the construction industry,» *Journal of Industrial Information Integration,* vol. 17, 2020. |
| [67] | E. Silva, X. Huang y H. Hassani, «Banking with blockchain-ed big data,» *Journal of Management Analytics,* vol. 5, nº 4, pp. 256-275, 2018. |
| [68] | S. Wan, M. Li, G. Liu y C. Wang, «Recent advances in consensus protocols for blockchain: a survey,» *Wireless Networks,* vol. 26, p. 5579–5593, 2020. |
| [69] | J. Duan, C. Zhang, Y. Gong, S. Brown y Z. Li, «A Content-Analysis Based Literature Review in Blockchain Adoption within Food Supply Chain,» *International Journal of Environmental Research and Public Health,* vol. 17, nº 5, 2020. |
| [70] | D. F. Maesa, «Blockchain 3.0 applications survey,» *Journal of Parallel and Distributed Computing,* vol. 138, pp. 99-114, 2020. |
| [71] | Johar, S. a. Ahmad, N. a. Asher, W. a. Cruickshank, H. a. Durrani y Amad, «Research and Applied Perspective to Blockchain Technology: A Comprehensive Survey,» *Applied Sciences,* vol. 11, nº 14, 2021. |
| [72] | U. Sarfraz, M. Alam, S. Zeadally y A. Khan, «Privacy aware IOTA ledger: Decentralized mixing and unlinkable IOTA transactions,» *Computer Networks,* Vols. %1 de %2148,, pp. 361-372, 2019. |
| [73] | A. Shahaab, B. Lidgey, C. Hewage y I. Khan, «Applicability and Appropriateness of Distributed Ledgers Consensus Protocols in Public and Private Sectors: A Systematic Review,» *IEEE Access,* vol. 7, pp. 43622-43636, 2019. |
| [74] | M. Salimitari, M. Chatterjee y Y. P. Fallah, «A survey on consensus methods in blockchain for resource-constrained IoT networks,» *Internet of Things,* vol. 11, 2020. |
| [75] | B. Bhushan, C. Sahoo, P. Sinha y A. Khamparia, «Unification of Blockchain and Internet of Things (BIoT): requirements, working model, challenges and future directions,» *Wireless Networks,* vol. 27, p. 55–90, 2021. |
| [76] | U. Majeed, L. U. Khan, I. Yaqoob, S. A. Kazmi, K. Salah y C. S. Hong, «Blockchain for IoT-based smart cities: Recent advances, requirements, and future challenges,» *Journal of Network and Computer Applications,* vol. 181, 2021. |
| [77] | Z. Wang, H. Jin, W. Dai, K.-K. R. Choo y D. Zou, «Ethereum smart contract security research: survey and future research opportunities,» *Frontiers of Computer Science,* vol. 15, nº 152802, 2021. |
| [78] | A. Daragmeh, C. Lentner y J. Sági, «FinTech payments in the era of COVID-19: Factors influencing behavioral intentions of “Generation X” in Hungary to use mobile payment,» *Journal of Behavioral and Experimental Finance,* vol. 32, 2021. |
| [79] | J. Chigada y R. Madzinga, «Cyberattacks and threats during COVID-19: A systematic literature review,» *South African Journal of Information Management,* vol. 23, pp. 1 - 11, 2021. |
| [80] | M. Hijji y G. Alam, «A Multivocal Literature Review on Growing Social Engineering Based Cyber-Attacks/Threats During the COVID-19 Pandemic: Challenges and Prospective Solutions,» *IEEE Access,* vol. 9, pp. 7152-7169, 2021. |
| [81] | J. Angelis y E. R. d. Silva, «Blockchain adoption: A value driver perspective,» *Business Horizons,* vol. 62, nº 3, pp. 307-314, 2019. |
| [82] | B. K. Mohanta, D. Jena, U. Satapathy y S. Patnaik, «Survey on IoT security: Challenges and solution using machine learning, artificial intelligence and blockchain technology,» *Internet of Things,* vol. 11, 2020. |
| [83] | B. Gutiérrez-Nieto y C. Serrano-Cinca, «20 years of research in microfinance: An information management approach,» *International Journal of Information Management,* vol. 47, pp. 183-197, 2019. |
| [84] | J. R. A. Yupanqui y S. B. Oré, «Políticas de Seguridad de la Información: Revisión Sistemática de las Teorías que Explican su Cumplimiento,» *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologias de Informação,* nº 25, 2017. |
| [85] | M. Younas, D. N. Jawawi, I. Ghani, T. Fries y R. Kazmi, «Agile development in the cloud computing environment: A systematic review,» *Information and Software Technology,* vol. 103, pp. 142-158, 2018. |
| [86] | Y. Liu, D. He, M. S. Obaidat, N. Kumar, M. K. Khan y K.-K. R. Choo, «Blockchain-based identity management systems: A review,» *Journal of Network and Computer Applications,* vol. 166, 2020. |
| [87] | D. Sheng, L. Ding, B. Zhong, P. E. Love, H. Luo y J. Chen, «Construction quality information management with blockchains,» *Automation in Construction,* vol. 120, 2020. |
| [88] | A. Perdana, A. Robb, V. Balachandran y F. Rohde, «Distributed ledger technology: Its evolutionary path and the road ahead,» *Information & Management,* vol. 58, nº 3, 2021. |
| [89] | L. Hashimy, H. Treiblmaier y G. Jain, «Distributed ledger technology as a catalyst for open innovation adoption among small and medium-sized enterprises,» *The Journal of High Technology Management Research,* vol. 32, nº 1, 2021. |
| [90] | P. Zhuang, T. Zamir y H. Liang, «Blockchain for Cybersecurity in Smart Grid: A Comprehensive Survey,» *IEEE Transactions on Industrial Informatics,* vol. 17, nº 1, pp. 3-19, 2021. |
| [91] | G. S. Sadasiuvam, «A critical review on using blockchain technology in education domain,» *Handbook of Deep Learning in Biomedical Engineering,* pp. 85-121, 2021. |
| [92] | B. Farahani, F. Firouzi y M. Luecking, «The convergence of IoT and distributed ledger technologies (DLT): Opportunities, challenges, and solutions,» *Journal of Network and Computer Applications,* vol. 177, 2021. |
| [93] | A. I. Sanka y R. C. Cheung, «A systematic review of blockchain scalability: Issues, solutions, analysis and future research,» *Journal of Network and Computer Applications,* vol. 195, 2021. |
| [94] | X. Fu, H. Wang y P. Shi, «A survey of Blockchain consensus algorithms: mechanism, design and applications,» *Science China Information Sciences,* vol. 64, 2021. |
| [95] | PEF, «Presentación de negocios 2021 de Pagar es Fácil,» 2021. [En línea]. Available: https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/backservicespagos.appspot.com/o/presentaciones%2FPRESENTACIO%CC%81N%20DE%20NEGOCIOS%202021%20-ECUADOR-.pdf?alt=media&token=464dd77e-cebb-4fa0-9bad-9c8d946040bb. [Último acceso: 27 10 2021]. |
| [96] | PEF, «Quienes somos - Pagar es Fácil,» 2021. [En línea]. Available: https://www.pagaresfacil.com/quienes-somos-pagar-es-facil. [Último acceso: 27 10 2021]. |
| [97] | G. Iakovakis, C.-G. Xarhoulacos, K. Giovas y D. Gritzalis, «Analysis and Classification of Mitigation Tools against Cyberattacks in COVID-19 Era,» *Security and Communication Networks,* vol. 2021, 2021. |
| [98] | A. R.O., C. M. y F. W, «Cybersecurity Attacks During COVID-19: An Analysis of the Behavior of the Human Factors and a Proposal of Hardening Strategies,» *Advances in Cybersecurity Management,* 2021. |
| [99] | A. Mihailović y N. Rašović, «Cybersecurity in the New Reality - Systematic Review in the context of covid 19,» *International Journal of Innovative Science and Research Technology,* vol. 5, nº 12, 2020. |