

Propuesta de modelo de cadenas de bloque para la gestión descentralizada de credenciales académicas en universidades ecuatorianas

A blockchain model proposal for the decentralized management of academic credentials in Ecuadorian universities

María Paula Jaramillo
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador
mpjaramillo9@utpl.edu.ec

Nelson Piedra
Universidad Técnica Particular de Loja
Loja, Ecuador
nopiedra@utpl.edu.ec

Resumen—La tecnología Blockchain (BC) es una gran apuesta para la nueva era tecnológica, sin embargo, existen un gran desafío en introducir esta tecnología y los beneficios que brinda en diferentes ámbitos. Este artículo desarrolla y aplica un marco de trabajo para aplicación de tecnología BC en el ámbito de la Educación Superior. El marco comprende una arquitectura robusta que puede ser implementada en diferentes aplicaciones descentralizadas (Dapps). El marco se valida en el caso de certificación académica y la gestión de propiedad intelectual, que incluye actores beneficiados, ventajas que ofrece la tecnología, desventajas y riesgos. El marco proporciona una valiosa ayuda para entender de manera puntual y coherente el funcionamiento de la tecnología BC y su aporte en la educación superior. Además, sirve para crear un estándar de cómo funcionan las Dapps en este ámbito.

Keywords—Educación, Blockchain, aplicaciones descentralizadas.

Abstract—Blockchain (BC) technology is a big bet for the new technological era, however, there is a big challenge in introducing this technology and the benefits it offers in different areas. This article develops and applies a framework for the application of BC technology in the field of higher education. The frame comprises a robust architecture that can be used for different decentralized applications (Dapps). The framework is validated in the case of academic certification, which includes beneficiaries, advantages offered by technology, disadvantages and risks. The framework provides valuable help in understanding in a timely and coherent manner the functioning of BC technology and its contribution to higher education. In addition, it serves to create a standard of how Dapps work in this area.

Keywords—Education, Blockchain, Dapps.

I. INTRODUCCIÓN

En un entorno globalizado, el ciclo de vida de los estudiantes se extiende más allá de cada organización educativa individualmente. Hoy es común que los estudiantes asistan a más de una institución académica. A medida que los

ciclos de vida de los estudiantes se vuelven más complejas, garantizar que la transportabilidad de la información se cumpla y se entreguen a tiempo se ha vuelto cada vez más importante.

En general, las organizaciones educativas se gestionan como entidades autónomas enfocadas en el ciclo de vida de sus estudiantes dentro de su institución. Las actividades y resultados académicos de un estudiante son recogidos en sistemas de información y LMSs (Learning Management Systems) de cada institución. Todas estas credenciales académicas se encuentran en silos de información y cada una requiere un proceso diferente para la validación.

En un contexto de globalización, se espera que las organizaciones educativas que funcionan de forma independiente avancen hacia entornos conectados, abiertos y confiables, capaces de registrar con precisión el desempeño de los estudiantes, y de hacer transportables los certificados académicos, actas de calificaciones, títulos, o cualquier otra información sobre la trayectoria universitaria de un estudiante. La disponibilidad de esta información es necesaria para acceder a ofertas académicas en otras instituciones de educación superior, o cuando se desea solicitar una ocupación calificada.

Gestionar el ciclo de vida académico más allá de las fronteras de cada institución, tiene el potencial de dar a las organizaciones una visión integral y más completa de los antecedentes de los candidatos, y les ayudará a elegir a la persona más calificada en la admisión de un programa académico, o en la selección de una oportunidad de trabajo.

Blockchain (BC) es una de las tecnologías centrales de esta transformación y permite mantener registros descentralizados y distribuidos de transacciones digitales [1]. Actúa como una base de datos distribuida o un libro contable global que mantiene registros de todas las transacciones en una red de esta tecnología. Las transacciones tienen fecha y hora, que son agrupados en bloques identificados por su hash criptográfico. Los bloques forman una secuencia lineal, cada

uno hace referencia al hash del anterior, formando una cadena de bloques llamada Blockchain. Se mantiene una cadena de bloques por una red de nodos y cada nodo ejecuta y registra las mismas transacciones [2]. De esta manera, existe una cadena de bloques en donde cada nodo de la red puede realizar transacciones, así como visualizar las demás.

La gran parte de las soluciones se enfocan en solucionar los problemas relacionados con el fraude en certificaciones, crear pasaportes de aprendizaje digitales o crear identidades soberanas digitales.

Estas soluciones no solo proporcionan a los estudiantes una forma eficiente de acceder a los registros, sino que también puede reducir la carga administrativa y de costos de las instituciones para verificar y autenticar los registros. Muchas de las organizaciones que actualmente proporcionan certificación operan más ampliamente en certificados basados en blockchain con educación como un subconjunto [3]. El caso ideal sería que existan una red mundial de blockchain en donde las cadenas de bloque de cada institución se unan y así el pasaporte de cada persona sea válido en cualquier parte del mundo.

Ese trabajo se enfoca en la reutilización del conocimiento arquitectónico entre múltiples aplicaciones descentralizadas en el ámbito de la Educación Superior. El objetivo es desarrollar y aplicar un marco de trabajo para modelar Dapps basados en el dominio de educación. El marco propuesto se valida en dos casos de estudio planteados. El primer caso, busca eliminar la centralización que existe en la emisión y verificación de certificados académico, por otro lado, el segundo caso presenta una alternativa para gestionar la propiedad intelectual e incrementar la creación de contenido académico utilizando un mecanismo de recompensas.

El documento está estructurado de la siguiente manera. La Sección 2 proporciona información sobre la tecnología Blockchain y su aporte en la educación, mientras que Sección 3 describe la metodología, en donde se presentan los casos de estudio. La sección 4 presenta el marco de trabajo, que incluye una arquitectura robusta que puede ser utilizada en diferentes aplicaciones descentralizadas, además, se presentan métricas de evaluación de acuerdo con las características que esta tecnología ofrece. La sección 5 se resume de forma clara la aplicación del marco a los casos de uso presentando las arquitecturas probada en dos casos a más detalle. Finalmente, los principales hallazgos se resumen y discuten en la sección 6.

II. CONTEXTO

A. Trabajos Relacionados y usos de BC en Educación

Se realizó una revisión sistemática sobre las soluciones que la tecnología BC ofrece, donde se destaca la certificación académica, la identidad soberana y los pasaportes de aprendizaje, como se presenta en la tabla 1.

TABLE I. SOLUCIONES DE LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN

Soluciones de la Tecnología BC en la Educación	Cantidad	Artículos relacionados
Certificación	5	[4]–[8]
Pasaporte de aprendizaje	5	[9]–[14]
Identidad soberana	4	[15]–[18]
Otros	4	[19]–[22]

La tecnología BC puede transformar la emisión de certificados, donde se puede usar la ontología Ethon con el fin de que toda la información se encuentre enlazada y así aportar al desarrollo de la web 3.0, además, esta tecnología puede disminuir el fraude académico notablemente si se aplica en el proceso de verificación, el cual es el fin de este prototipo. En la tabla 1. se destacan los trabajos en la certificación académica y herramientas desarrolladas en esta área, así como avances en investigación y desarrollo de prototipos.

Los principales interesados con esta tecnología en el ámbito de la educación son los estudiantes y los docentes, sin embargo, las empresas, los centros de educación e incluso los bancos y el mismo gobierno pueden verse beneficiados por esta tecnología. La fig. 1 Presenta el contexto de BC en la Educación.

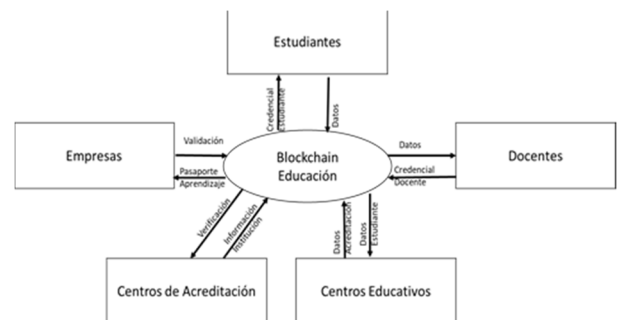


Fig. 1. Diagrama de Contexto de Blockchain en la Educación

B. Certificación Académica

La certificación es un método que se utiliza para validar cierto proceso u actividad. Existen diferentes tipos de certificados como los jurídicos, los que emite la iglesia, los gubernamentales, solo por nombrar algunos. En este caso, se hablará sobre los certificados académicos, su ontología, los tipos de certificados académicos que existen y sus limitaciones, así como la solución que la tecnología blockchain ofrece [4][23].

La necesidad de un certificado académico es primordial, ya sea por la asistencia a un congreso, el registro de una acreditación o el propio título de grado y postgrado, sirven como un mecanismo de verificación. Por esta razón, los pasos a seguir son generalizados. La fig. 2 presenta el proceso de un certificado.

PROCESO DE UN CERTIFICADO

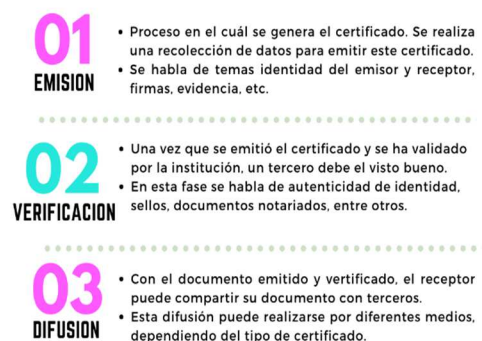


Fig. 2. Descripción de proceso de un certificado

Este es un proceso global, que incluso siendo controlado de forma centralizada aún debe enfrentar la posibilidad de fraude académico, y la dificultad de verificar la veracidad de los certificados académicos. Incluso si se toman medidas de seguridad, aún es posible copiar el formato de un certificado, alterarlo y añadirlo a la hoja de vida.

La tabla 2 presenta una comparación entre los diferentes tipos de certificados.

TABLE II. TIPOS DE CERTIFICADOS

Certificado físico	Certificado digital	
	Sin tecnología BC	Tecnología BC
Este método es poco práctico, inseguro, y para nada amigable con el medio ambiente. Algunas situaciones comunes son la pérdida de certificados, papeles desgastados que ya no se pueden visualizar, pérdida de tiempo en búsquedas interminables, sólo por describir algunas. En casos más extremos, pueden existir incendios, inundaciones y otras situaciones que pueden eliminar toda esta evidencia.	Las soluciones de certificación digital actuales tienen una arquitectura robusta que trata el tema de seguridad utilizando algoritmos de encriptación para que no exista una fuga de información que podría ser peligrosa. A pesar de lo mencionado, hoy en día el fraude de certificaciones es muy común, debido a que mediante herramientas de diseño se pueden lograr certificados bastante creíbles por lo que la certificación cada vez más pierde su credibilidad.	Cuenta con una estructura descentralizada que hace imposible la manipulación de la información. Por lo tanto, el uso de una Blockchain crea la mayor seguridad y confianza posibles, a la vez que es independiente de un organismo de control central (intermediario).

BC en la educación tiene el potencial de aportar seguridad y transparencia de la información, además, siendo un modelo distribuido permite una colaboración entre instituciones, y se elimina la centralización.

III. OPORTUNIDADES DE APLICACIÓN

En el contexto de esta propuesta se han identificado dos casos de uso que se describen a continuación.

A. Certificación académica

Para probar la descentralización de la aplicación, se han definido cuatro instituciones que trabajan en conjunto dentro de la red BC, además, cada estudiante puede recibir certificados de cualquiera de las instituciones. En este caso hay siete estudiantes que pertenecen a una o más instituciones.

Cada archivo podrá cargarse por la institución, que se da por validado directamente, o por el estudiante, en donde debe esperar una validación de la institución. Una vez que el certificado se encuentre validado, el estudiante podrá compartir sus certificados a cualquier empleador interesado. La figura 3 presenta la interacción entre diferentes instituciones, estudiantes y posibles empleadores.

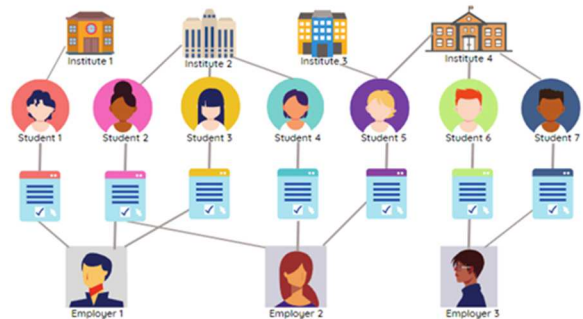


Fig. 3. Descripción del caso de estudio para verificación de certificados

Para este caso se han planteado cuatro instituciones, además, existen siete estudiantes que pueden interactuar con diferentes instituciones. Cada estudiante tiene un perfil con sus certificados validados por las instituciones. El estudiante puede dar acceso a un empleador interesado para que pueda visualizar sus certificados validados.

Esta solución permite: (1) eliminar intermediarios, (2) obtener procesos transparentes en el proceso de un certificado, (3) Información inmutable, es decir, imposible de eliminar y modificar.

B. Gestión de Propiedad de Intelectual y Recompensas de Contenido

En este caso, se plantea un sistema de gestión de propiedad intelectual, en donde todo el contenido creado por un autor es verificado por su institución y se almacena con una clave única, de esta manera, es fácil rastrearlo y tener un control sobre el mismo, en caso de que este documento presente otra clave, se puede concluir que no es un documento auténtico.

Por otro lado, este contenido verificado puede compartirse con usuarios que pueden dar recompensas, en donde el autor que tenga contenido con muchas recompensas pueda ser reconocido por su institución, ya sea mediante bonos, becas o un certificado. Esta solución permite crear contenido de mejor calidad por parte de los autores lo que mejora el nivel de la institución. La figura 4 presenta el funcionamiento de este caso.

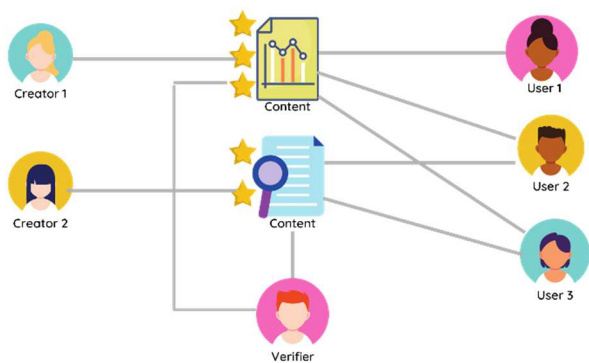


Fig. 4. Descripción del caso de estudio para gestión de PI y sistema de recompensas.

En este caso, existen dos creadores de contenido, en donde el verificador acepta su contenido para que pueda ser observado por los usuarios, estos usuarios envían una

recompensa a los trabajos que consideran buenos y estas se acumulan sumando una buena reputación al autor del contenido.

Esta solución ofrece: (1) trazabilidad en el proceso de creación y aceptación de contenido, (2) Contenido almacenado de forma segura, (3) Recompensas para los autores del contenido.

IV. PROPUESTA DE ARQUITECTURA DEL FRAMEWORK

El marco de trabajo contiene una arquitectura que puede ser usada en diferentes Dapps en el ámbito de la educación. Tiene dos componentes grandes que es la parte del cliente (frontend) y la parte del servidor (backend). Además, incluye un componente de pruebas y despliegues, donde se maneja la migración y compilación de contratos inteligentes.

La fig. 5 presenta la arquitectura propuesta.

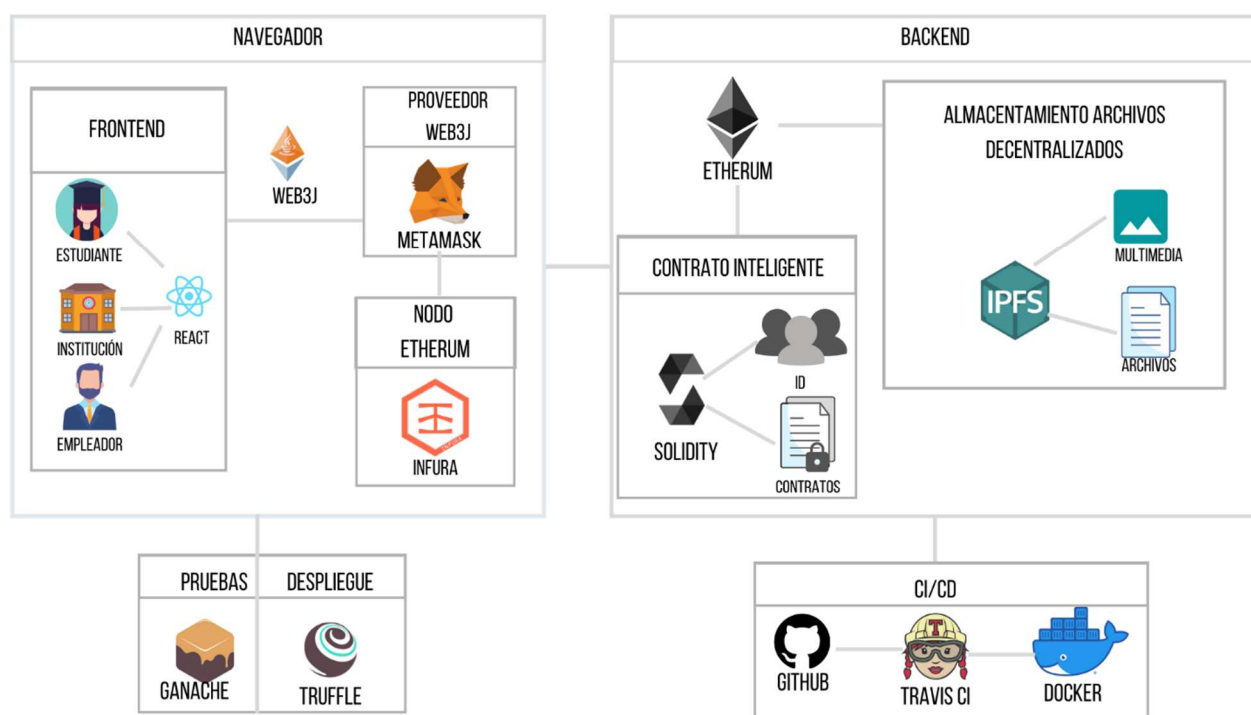


Fig. 5. Arquitectura propuesta para aplicaciones descentralizadas en el ámbito de la Educación.

A. Componente Navegador

En el componente Navegador, podemos observar que existe un Frontend en donde todos los interesados interactúan con la aplicación. En este caso, react es una buena opción para realizar este componente, sin embargo, puede usarse otras tecnologías como Angular o Vue y apoyarse con Drizzle.

Al ser una aplicación descentralizada, se utiliza una extensión del navegador para que se pueda integrar con la BC. Para comunicarse con el proveedor se utiliza una API que facilita la comunicación con el lado del cliente.

B. Backend

En el caso del Backend, se utiliza una BC, que permite gestionar cada una de las transacciones realizadas. En este caso se utiliza Ethereum, pero podría sustituirse por cualquier otra BC como Hyperledger, Tron, etc.

Para la gestión de contratos inteligentes – parte importante al trabajar con una BC – se plante usar el lenguaje Solidity, utilizado para la plataforma Ethereum.

Por otro lado, para almacenar archivos multimedia, como documentos o imágenes, se utiliza el protocolo IPFS de que crea un clave hash y la almacena en la BC ofreciendo mayor seguridad y eficiencia.

C. Pruebas y Despliegue

Se incluye también un componente de pruebas y despliegue, en donde se puede usar una blockchain local con la ayuda de Ganache para probar la aplicación antes de que entre en operación, y usar truffle para la migración y compilación de los contratos inteligentes.

D. Integración/Entrega Continua (CI/CD)

Este componente se ha considerado necesario debido a que las aplicaciones descentralizadas utilizan varias aplicaciones de terceros, lo que una integración/entrega continua permite tener un mejor control de errores tanto durante el desarrollo como el mantenimiento. En este caso, se ha seleccionado Travis CI, aunque existen otras herramientas como Jenkins, CircleCI, entre otras.

E. Métricas para evaluación de desempeño

El marco incluye unas métricas para medir el desempeño de una aplicación descentralizada. Estas métricas se diseñaron utilizando el modelo Goal-Question Metric (GQM) [24] que consiste en definir métricas para responder preguntas que permiten demostrar si una meta en específico se cumple o no. En este caso se tomó como referencia las características de la tecnología BC para medir que tan eficiente es una aplicación descentralizada.

La meta 1 busca examinar la trazabilidad un proceso de la aplicación descentralizada. En este caso, se ha tomado como ejemplo la emisión de certificados. La fig. 6 presenta las métricas obtenidas para esta meta.

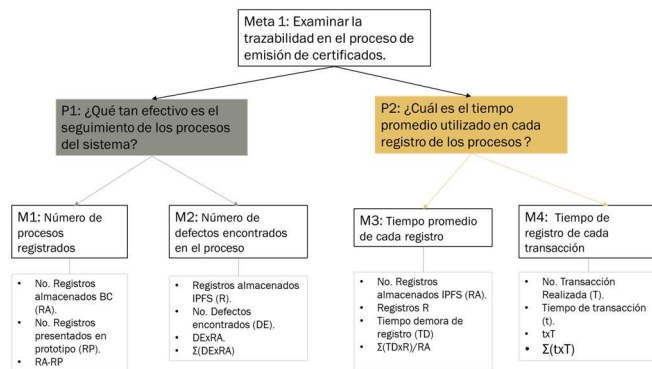


Fig. 6. Métricas obtenidas de acuerdo a la meta 1.

La meta 2 consiste en evaluar la descentralización del sistema. Para esto se plantearon tres preguntas que derivaron en cuatro métricas presentadas en la fig. 7.

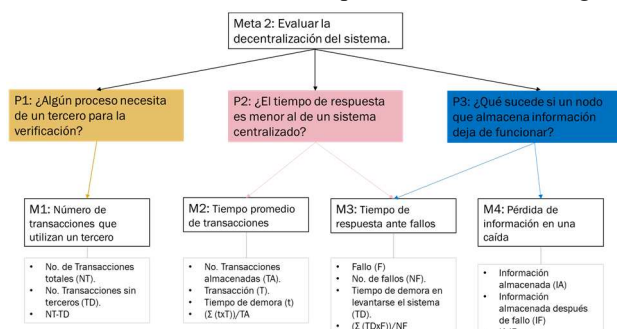


Fig. 7. Métricas obtenidas de acuerdo a la meta 2.

La meta 3 pretende verificar el funcionamiento de los contratos inteligentes, para esto, se han definido cuatro métricas como se observa en la fig. 8.

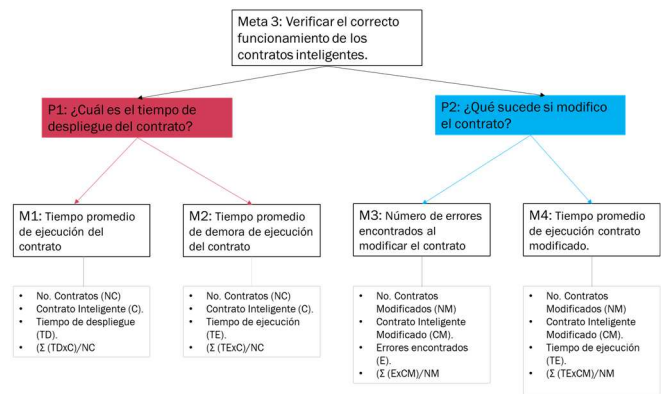


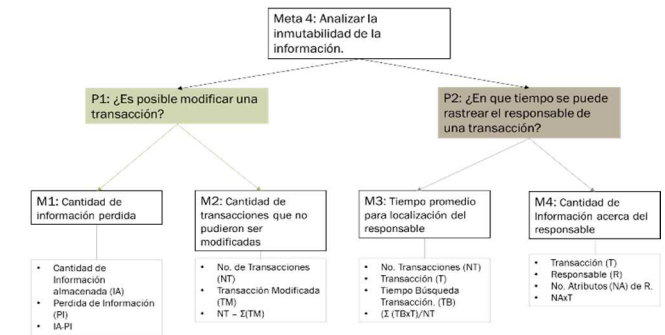
Fig. 8. Métricas obtenidas de acuerdo a la meta 3.

Por último, La meta 4 analiza la inmutabilidad de la información, la fig. 9 presenta las cuatro métricas planteadas.

Fig. 9. Métricas obtenidas de acuerdo a la meta 4.

Estas métricas son de gran ayuda al momento de medir el desempeño de una aplicación descentralizada y comparar el desempeño con una aplicación que no utilice la tecnología BC.

V. DESCRIPCIÓN GENERAL DE CASOS DE USO



En esta sección se aplica el marco a los dos casos planteados en la sección 3. En cada caso se plantean los actores, las ventajas y riesgos y una aplicación de la arquitectura planteada en el marco.

A. Caso 1. Certificación Académica

Este caso, como se mencionó anteriormente, busca eliminar la centralización que existe en la certificación académica. En la solución que se propone se han identificado tres actores que se describen en la tabla 3.

TABLE III. DESCRIPCIÓN DE ACTORES

Rol	Descripción
Estudiante	Es el actor que recibirá el certificado. Puede recibir un certificado por parte de la institución, además, puede subir su propio certificado que puede ser validado por una institución. El estudiante también puede compartir sus certificados con el empleador.
Institución	Es el actor que validará el certificado emitido. Este actor puede subir sus certificados, almacenarlo y enviárselos al estudiante, sin embargo, también puede recibir solicitudes por parte del estudiante

	para validar un certificado, una vez que se haga esta validación.
Empleador	Podrá visualizar el certificado siempre y cuando el estudiante permite su acceso. Estos certificados ya están validados previamente por la institución.

En función en la propuesta descrita en en la sección 4, se presenta un diagrama macro del funcionamiento de la verificación de certificados, definiendo tres procesos clave que son el almacenamiento, la verificación y la difusión. La fig. 10 presenta a detalle el funcionamiento.



Fig. 10. Verificación descentralizada de certificados .

Al almacenar el certificado en IPFS y luego el hash en Ethereum, se crea una doble seguridad en donde el certificado no puede ser falsificado. Además, el certificado solo puede ser compartido una vez que la institución haya validado el certificado, eliminando así la necesidad de algún intermediario que simplemente alargue el proceso.

B. Caso 2. Gestión de Propiedad de Intelectual y Recompensas de Contenido

En este caso se busca tener un control sobre el trabajo realizado por los autores y permitir que se recompense su contenido para luego ser premiados por su trabajo.

Los actores que se han definido para este caso son tres: el autor, verificador y usuario. La tabla 4 presenta la descripción de estos.

TABLE IV. DESCRIPCIÓN DE ACTORES

Rol	Descripción
Autor	Es el encargado de crear el contenido. Carga el contenido que debe ser verificado, además, recibe recompensas de parte del usuario para demostrar el aprecio a su contenido.
Verificador	Es el actor que valida el contenido. Una vez que recibe el documento lo valida y es almacenado en IPFS. Esto permite que el contenido se encuentre almacenado con una clave y sea imposible de copiar.
Usuario	Podrá visualizar el contenido una vez que haya sido verificado por medio de la institución (verificador).

Se han definido cuatro procesos claves: el almacenamiento donde IPFS y BC tienen un papel clave, el proceso de verificación, de difusión y el proceso de recompensas. Estas

fases y el funcionamiento se encuentran detallados en la fig. 11.

Con este flujo se puede observar que el contenido es verificado y almacenado en IPFS y el clave hash en la blockchain, de manera que el fraude puede ser detectado fácilmente y se puede gestionar todo el proceso de manera transparente. Por otro lado, se observa la necesidad de un frontend para la comunicación entre los usuarios.

C. Aplicación de las métricas

Una vez que el sistema esté en funcionamiento es importante validar que el sistema cumpla con los objetivos planteados y de esta manera conocer las ventajas y también las mejoras que se podría realizar. Se presentará un ejemplo de aplicación para dos de las métricas.

1) Meta 1. Trazabilidad

Esta meta busca examinar la trazabilidad en el proceso, ya sea de emisión y verificación de certificados como de gestión de propiedad intelectual. En este caso usaremos las métricas 1 y 2 con el fin de evaluar la eficiencia del proceso de registro y el tiempo promedio de las transacciones.

No. Transacción	Descripción	Proceso Registrado en BC	Tiempo
1	Registro de usuario (cuenta de BC)	Si	30 seg
2	Cargar un certificado en la BC	Si	120 seg
3	Aceptar solicitud del certificado	Si	150 seg
4	Brindar acceso a certificados	Si	90 seg

$$\text{Promedio} = 390/4 = 97.5 = 1 \text{ min } 37 \text{ seg.}$$

$$\text{Proceso Registrados} = 100\%$$

Con estos resultados, podemos concluir que el registro de los procesos es muy eficiente y la trazabilidad es alta, además, el promedio de una transacción para este proceso es muy bajo, y en comparación con el tiempo promedio de estas transacciones en un sistema tradicional, se puede observar el gran beneficio que esta tecnología ofrece.

2) Meta 4. Inmutabilidad

Esta meta busca analizar la inmutabilidad de la información. En este caso usaremos la métrica 2 con el fin de evaluar el tiempo promedio de las transacciones. En este caso utilizaremos las métricas 1,3 y 4 con el fin de conocer el control que existen en el sistema.

No. Transacción	Descripción	Información completa	Se encontró el responsable	Tiempo Localización
1	Registro de usuario (cuenta de BC)	Si	No	-
2	Cargar un certificado en la BC	Si	Si	60 seg
3	Aceptar solicitud del certificado	Si	Si	150 seg
4	Brindar acceso a certificados	Si	Si	30 seg

Tiempo Localización = $240/3 = 80 = 1 \text{ min } 20 \text{ seg.}$

Información completa = 100%

Responsable localizado: 75%

Con estos resultados, podemos concluir que la posibilidad de pérdida de información es baja, además se puede encontrarle el responsable de cada transacción en poco tiempo, reduciendo la posibilidad de ataques y con facilidad de capaz de encontrar responsables en caso de errores. En comparación con sistemas tradicionales, se puede resaltar que existen un mayor control sobre cada transacción y proceso realizado ya que toda la información es almacenada en la blockchain, de manera encriptada para que la posibilidad de ser atacados disminuya.

D. Ventajas y Potenciales Riesgos

A medida que las instituciones de educación superior avanzan cada vez más hacia un entorno digital, blockchain

tiene el potencial de convertirse en una tecnología fundamental de transformación digital. BC crea confianza y seguridad para los estudiantes, empleadores, otras instituciones académicas, e instituciones de gobierno en el entorno de instituciones que presentan un comportamiento de silos de información.

En los casos de uso reportado, existen grandes ventajas, que se han ido mencionando a lo largo del desarrollo, entre las principales se pueden destacar la inmutabilidad de la información, descentralización, trazabilidad y seguridad como características principales. De esta manera, las instituciones cuentan con una gran gestión de toda su información relevante, eliminan cuellos de botella en procesos y disminuyen el riesgo de que su institución se vea afectada por fraude.

Sin embargo, existen algunos riesgos e inconvenientes. En primer lugar, al ser una red descentralizada, se utilizan mecanismos de consenso y mantenerla en tiempo real requiere un esfuerzo computacional elevado, por lo que se necesita una gran cantidad de recurso que cuestan a la institución dinero y tiempo [25]. Por otro lado, la firma digital es un gran desafío al trabaja con encriptación. Por último, el valor promedio por transacción es entre 77 y 160 dólares debido a lo comentado anteriormente y el alto mantenimiento que la blockchain requiere [26].

E. Discusión

La tecnología Blockchain en la educación es una solución que ofrece seguridad y portabilidad entre varias instituciones. Actualmente, la gran parte de instituciones trabajan con la modalidad en línea, y en medio de esta pandemia, más instituciones buscarán esta modalidad. Debido a esto, esta solución propuesta es una gran opción al momento de migrar a este tipo de modelos sin que su flujo de trabajo tenga un gran impacto.

Para lograr este objetivo, es importante definir un curso de acción. Se considera que la mejor opción es utilizar un enfoque API, donde se obtengan las credenciales ya existentes (usualmente almacenadas en herramientas como OpenBadge) con el fin de manejar los datos en un archivo JSON para que estas credenciales puedan ser presentada de diferentes formas y no restringirse a una imagen.

Además, es importante entender que, para incluir esta tecnología en el entorno se necesita seguir un proceso. Desde la concienciación hasta crear un modelo de gobernanza, es necesario introducir todos los beneficios que esta tecnología nos ofrece y enganchar a los interesados en este proyecto.

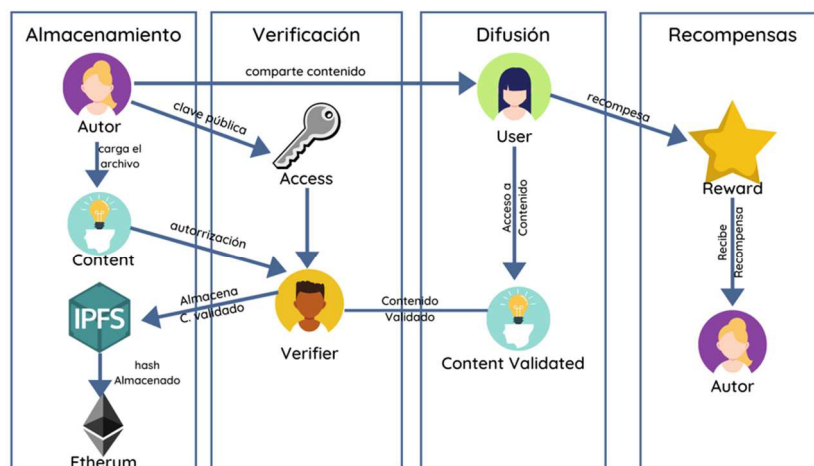


Fig. 11. Verificación descentralizada de certificados, difusión y sistema de recompensas

VI. CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En el actual contexto de transformación digital generalizada, la velocidad de adopción es uno de los factores cruciales para obtener una ventaja competitiva. La cadena de bloques puede convertirse en un elemento esencial que podría ser uno de los que impulsará el cambio de un paradigma de instituciones desconectadas con modelos de gestión centralizada hacia modelos de interoperabilidad de sistemas.

En el contexto descrito en este trabajo, la naturaleza descentralizada de la cadena de bloques (BC) tiene la posibilidad de maximizar transparencia en cada transacción que refleja el ciclo de vida académico de un estudiante. De esta manera, se crea un nivel extremadamente alto de confianza en las transacciones entre pares sin la necesidad de un intermediario para monitorear la transacción.

En BC, cada transacción puede registrarse rápida y fácilmente en la cadena de bloques a un costo marginal. Las credenciales académicas en lugar (o, además) de almacenarse centralmente, son enviados como un bloque protegido criptográficamente a todas las instituciones que forman parte de la red, y además son verificados. Los bloques se registran en una base de datos virtual, descentralizada, que se almacena en una red donde cada usuario dentro de la red tiene una copia local de la base de datos. La naturaleza descentralizada de esta aproximación, combinada con el uso de procedimientos criptográficos aseguran que se posible manipular ninguna información de la base de datos de BC. De esta forma, hay menos riesgos y los estudiantes, instituciones de educación, empleadores y otros usuarios autorizados pueden rastrear el origen de un producto a lo largo de todo el ciclo de vida académico de una persona.

La tecnología BC va tomando un gran papel en el desarrollo de aplicaciones, y la evolución de la web 3.0. Sus aplicaciones en diferentes áreas como la agricultura, medicina, gobierno y educación son muchas y de gran ayuda para resolver problemas actuales.

A pesar de las desventajas que se han mencionado al final de este trabajo, las ventajas que esta tecnología ofrece son mayores, por lo que se debe seguir indagando sobre esta

tecnología y sus grandes beneficios que ofrece para el desarrollo tecnológico.

Los procesos académicos que almacenan y transfieren datos en una cadena de bloques ofrecen niveles extremadamente altos de seguridad. En este trabajo se ha planteado dos posibles soluciones para la educación, aunque existen algunas más como la identidad soberana, para crear pasaportes de aprendizaje o la verificación de acreditaciones. Además, se va a realizar prototipos de acuerdo con esta situación planteada para probar la arquitectura planteada en el marco y evaluar estos prototipos con las métricas obtenidas. Sobre esta base, el sector de la educación superior tiene la posibilidad de implementar transacciones totalmente automatizadas en diferentes áreas académicas, en una vía confiable y segura, y también extremadamente rápida.

REFERENCES

- [1] A. Bartolomé, C. Bellver, L. Castañeda, and J. Adell, "Blockchain en Educación: introducción y crítica al estado de la cuestión," *EduTec. Rev. Electrónica Tecnol. Educ.*, no. 61, p. a363, Dec. 2017.
- [2] A. Bahga and V. K. Madiseti, "Blockchain Platform for Industrial Internet of Things," *J. Softw. Eng. Appl.*, vol. 09, no. 10, pp. 533–546, 2016.
- [3] D. Galen *et al.*, "Blockchain fo social impact: Moving Beyond the hype," *RippleWorks*, p. 82, 2018.
- [4] R. Sharma and J. Black, "Certificates on Blockchain," 2018.
- [5] LuxTag, "e-Scroll | Certificados educativos digitales en la cadena de bloques," 2019. [Online]. Available: <https://www.luxtag.io/our-product/e-scroll/>. [Accessed: 05-Dec-2019].
- [6] A. S. Karale and H. Khanuja, "Implementation of blockchain technology in education system," *Int. J. Recent Technol. Eng.*, vol. 8, no. 2, pp. 3823–3828, 2019.
- [7] A. L. Franzoni, C. Cardenas, and A. Almazan, "Using Blockchain to Store Teachers' Certification in Basic Education in Mexico," 2019, pp. 217–218.

- [8] P. Kuppusamy, "Blockchain Architecture to Higher Education Systems," *Int. J. Latest Technol. Eng. Manag. Appl. Sci.*, vol. 8, no. 2, pp. 124–138, 2019.
- [9] D. Tapscott and A. Kaplan, "Blockchain Revolution in Education and Lifelong Learning: Preparing for Disruption, Leading the Transformation," *IBM Inst. Bus. Value*, no. April, 2019.
- [10] W. Gräther, S. Kolvenbach, R. Ruland, J. Schütte, C. Ferreira, and F. Wendland, "Blockchain for Education: Lifelong Learning Passport," *Proc. ERCIM Blockchain Work. 2018, Reports Eur. Soc. Soc. Embed. Technol.*, no. 10, pp. 1–8, 2018.
- [11] P. Ocheja, B. Flanagan, H. Ueda, and H. Ogata, "Managing lifelong learning records through blockchain," *Res. Pract. Technol. Enhanc. Learn.*, vol. 14, no. 1, 2019.
- [12] M. Jirgensons and J. Kapenieks, "Blockchain and the Future of Digital Learning Credential Assessment and Management," *J. Teach. Educ. Sustain.*, vol. 20, no. 1, pp. 145–156, 2018.
- [13] S. Wanotayapitak, K. Saraubon, and P. Nilsook, "Process design of cooperative education management system by cloud-based blockchain E-Portfolio," *Int. J. online Biomed. Eng.*, vol. 15, no. 8, pp. 4–17, 2019.
- [14] A. Mikroyannidis, J. Domingue, M. Bachler, and K. Quick, "Smart Blockchain Badges for Data Science Education," *Proc. - Front. Educ. Conf. FIE*, vol. 2018-Octob, no. October, 2019.
- [15] S. Sahmim, H. Gharsellaoui, and S. Bouamama, "Edge Computing: Smart Identity Wallet Based Architecture and User Centric," *Procedia Comput. Sci.*, vol. 159, pp. 1246–1257, 2019.
- [16] X. Zhu and Y. Badr, "Identity Management Systems for the Internet of Things: A Survey Towards Blockchain Solutions," *Sensors (Basel)*, vol. 18, no. 12, pp. 1–18, 2018.
- [17] J. Alsayed Kassem, S. Sayeed, H. Marco-Gisbert, Z. Pervez, and K. Dahal, "DNS-IdM: A Blockchain Identity Management System to Secure Personal Data Sharing in a Network," *Appl. Sci.*, vol. 9, no. 15, p. 2953, 2019.
- [18] Y. Bai *et al.*, "Discussion of College and University Laboratory Safety Management System Using Blockchain," *J. Phys. Conf. Ser.*, vol. 1213, p. 052018, 2019.
- [19] E. E. Bessa and J. S. B. Martins, "A Blockchain-based Educational Record Repository," 2019, no. February.
- [20] M. Turkanović, M. Hölbl, K. Košič, M. Heričko, and A. Kamišalić, "EduCTX: A blockchain-based higher education credit platform," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 5112–5127, 2018.
- [21] D. Mao, F. Wang, Y. Wang, and Z. Hao, "Visual and User-Defined Smart Contract Designing System Based on Automatic Coding," *IEEE Access*, vol. 7, pp. 73131–73143, 2019.
- [22] M. A. Rahman, E. Hassanain, M. M. Rashid, S. J. Barnes, and M. Shamim Hossain, "Spatial Blockchain-Based Secure Mass Screening Framework for Children with Dyslexia," *IEEE Access*, vol. 6, pp. 61876–61885, 2018.
- [23] A. F. Camilleri and A. Grech, *Blockchain in education*. Joint Research Centre., 2017.
- [24] V. R. Basili, G. Caldiera, and H. D. Rombach, "THE GOAL QUESTION METRIC APPROACH."
- [25] J. Light, "The differences between a hard fork, a soft fork, and a chain split, and what they mean for the future of bitcoin," 25-Oct-2017. [Online]. Available: <https://medium.com/@lightcoin/the-differences-between-a-hard-fork-a-soft-fork-and-a-chain-split-and-what-they-mean-for-the-769273f358c9>. [Accessed: 28-Jun-2020].
- [26] J. Golosova and A. Romanovs, "The advantages and disadvantages of the blockchain technology," in *2018 IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering, AIEEE 2018 - Proceedings*, 2018.