



## Validación y Emisión de Certificados en Educación Superior Utilizando Tecnología Blockchain

### Validation and Issuance of Higher Education Certificates Using Blockchain Technology

#### Autores

- ✉ \**Freddy Stalin Lamar Peña*
- ✉ *Geovanny Andrés Vega Mite*
- ✉ *Joofre Antonio Honores Tapia*
- ✉ *Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio*

Facultad de Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Machala, Machala, Ecuador.

\* Autor para correspondencia

#### Comó citar el artículo:

Lamar Peña, F. S., Vega Mite, G. A., Honores Tapia, J. A. & Cárdenas Villavicencio, O. E.. (2024). Validación y Emisión de Certificados en Educación Superior Utilizando Tecnología Blockchain. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 8(1), pp. 36–51. <https://doi.org/10.33936/isrtic.v8i1.6535>

Enviado: 08/03/2024  
Aceptado: 22/05/2024  
Publicado: 24/05/2024

#### Resumen

La investigación se centra en el desarrollo de un prototipo de aplicación web para la validación y emisión de certificados en educación superior mediante la tecnología blockchain. Comienza con un análisis exhaustivo de la literatura existente utilizando la metodología PRISMA, estableciendo un marco para su aplicación en el sector educativo y analizando las implicaciones para las instituciones educativas. Los beneficios de esta metodología incluyen la reducción de costos, tiempos de procesamiento optimizados y un impacto positivo en la autenticidad y confiabilidad de los certificados académicos. El prototipo se desarrolló utilizando el enfoque de la metodología de desarrollo de software SCRUM, lo que permitió su evaluación en un entorno controlado. Además, se emplearon tecnologías como Ganache, Python y MongoDB para un examen detallado de la funcionalidad y rendimiento de la aplicación. Los resultados preliminares sugieren que la tecnología blockchain ha mejorado significativamente la seguridad, transparencia y eficiencia en la emisión y validación de certificados en el sector educativo. Este estudio proporciona perspectivas valiosas sobre la adopción de innovaciones tecnológicas en la educación superior.

**Palabras clave:** Blockchain en Educación; Certificación Digital; Seguridad de Datos en Educación; Innovación en Educación Superior; Validación de Credenciales Educativas

#### Abstract

The study focuses on developing a prototype web application for validating and issuing certificates in higher education using blockchain technology. It begins with a thorough analysis of existing literature employing the PRISMA methodology, establishing a framework for its application in the education sector and examining implications for educational institutions. The methodology's benefits include cost reduction, optimized processing times, and a positive impact on the authenticity and reliability of academic certificates. The prototype was developed using the SCRUM software development methodology, enabling evaluation in a controlled environment. Additionally, technologies such as Ganache, Python, and MongoDB were employed for a detailed examination of the application's functionality and performance. Preliminary results suggest that blockchain technology has significantly enhanced security, transparency, and efficiency in certificate issuance and validation within the education sector. This study provides valuable insights into the adoption of technological innovations in higher education.

**Keywords:** Blockchain in Education; Digital Certification; Data Security in Education; Innovation in Higher Education; Validation of Educational Credentials.



## 1. Introducción

La integración de tecnologías emergentes en el ámbito de la educación superior ha sido de interés muy significativo en los últimos años. Particularmente, la tecnología blockchain, que ha demostrado ser una herramienta poderosa en una variedad de sectores en el campo educativo, especialmente en la validación y emisión de certificados. Históricamente, la tecnología blockchain fue concebida en 1991 como un método criptográfico para asegurar la inmutabilidad y la integridad de la información y sellar documentos digitales. Sin embargo, su aplicación práctica se expandió considerablemente con la aparición de Bitcoin en 2009, más tarde; con el desarrollo de Ethereum en 2014 se introdujo los contratos inteligentes, marcando el comienzo de la era de la “Blockchain 2.0” y su utilización en aplicaciones descentralizadas más allá de las transacciones financieras.

Además de la tecnología blockchain, existen varias alternativas para la emisión segura de certificados en el ámbito educativo. Entre estas alternativas se encuentran sistemas centralizados de gestión de bases de datos, firmas digitales basadas en infraestructuras de clave pública (PKI), y sistemas de gestión de identidades descentralizados. Estas soluciones, si bien han sido utilizadas con cierto éxito, presentan limitaciones en cuanto a la transparencia, la resistencia a la manipulación y la descentralización.

Sin embargo, es importante destacar que el protocolo de intercambio de clave no invertible de Lizama-Perez & López R. (2021), utilizado en su trabajo, no aborda directamente la tecnología blockchain y sus capacidades de descentralización y resistencia a la manipulación. Aunque el protocolo ofrece un sistema de certificación seguro y eficiente, no proporciona las mismas garantías de transparencia y resistencia a ataques que se encuentran en las soluciones basadas en blockchain.

La relevancia de la tecnología blockchain en el ámbito educativo ha sido destacada por varios estudios. En 2021, Anwar et al. (2021) desarrollaron un modelo innovador combinando blockchain y el modelo de aprendizaje iLearning, creando un marco de confianza en la educación superior. Del mismo modo, Jaramillo & Piedra (2020), y Ghaffar & Hussain (2019), propusieron modelos con sistemas que utilizan la tecnología blockchain para mejorar la gestión de credenciales académicas incluyendo la verificación de certificados, destacando los avances, así mismo sus desafíos en este ámbito. Mahamatov et al. (2020) exploró el potencial de la blockchain en la educación superior, resaltando la capacidad de esta tecnología para revolucionar la gestión de datos y la seguridad. En Ayub Khan et al. (2021) presentó una arquitectura para la verificación, incluyendo la trazabilidad en la autenticación de títulos, por último, Ali et al. (2022)

abordó la transformación digital en la educación, enfatizando la necesidad de sistemas de gobierno educativo eficientes y seguros. Sin embargo, según Krichen et al. (2022) en su revisión, blockchain se puede utilizar en varios ámbitos, como finanzas, salud, sistemas de información, redes inalámbricas, Internet de las cosas, redes eléctricas inteligentes, servicios gubernamentales y militar/defensa.

A pesar de los avances recientes, persisten áreas en la educación superior donde aún no se ha aprovechado por completo el potencial de la blockchain, particularmente en la creación de aplicaciones web eficientes y seguras para la emisión y validación de certificados. Se pretende superar esta limitación proponiendo una solución innovadora que une la seguridad inherente de la blockchain con la flexibilidad y accesibilidad propias de una aplicación web. Se plantea la hipótesis de que implementar la tecnología blockchain mediante una plataforma web puede elevar notablemente la transparencia, eficiencia en la emisión y validación de certificados dentro del ámbito educativo superior.

Aunque ha habido avances tecnológicos, los sistemas vigentes presentan limitaciones, así como vulnerabilidades que podrían comprometer tanto la confiabilidad como el valor de los certificados emitidos. Para abordar estas preocupaciones, se propone el desarrollo de una aplicación web basada en la tecnología blockchain empleando específicamente Ganache, Python y MongoDB, con el fin de optimizar este proceso crucial.

El objetivo principal de este estudio consiste en desarrollar una plataforma web capaz de facilitar la emisión y validación de certificados mediante una red blockchain, además de realizar una evaluación de su rendimiento. Esta integración no solo incluye bloques, sino también contratos inteligentes, asegurando así la integridad con la autenticidad de los certificados expedidos. Para alcanzar este fin, se adoptará una metodología centrada en el desarrollo de la aplicación web con Flask como framework. Morales Carrillo et al. (2023) destacaron que Flask basado en Python permitió el desarrollo y la implementación de un API REST de manera más ágil y sencilla para el consumo de datos lo cual se alinea con los esfuerzos de este proyecto para crear un servicio eficiente y fácil de usar, complementado con la ejecución de pruebas de funcionamiento y rendimiento en un ambiente controlado confiando que la aplicación web desarrollada garantice ser una herramienta robusta y confiable para la gestión de certificados académicos.

## 2. Materiales y Métodos

Para la revisión literaria de este artículo se aplicó la metodología

Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses (PRISMA) que representa una actualización y ampliación del anterior estándar QUOROM establecido en julio de 2009. Esta metodología fue respaldada por la colaboración de los miembros de la red Enhancing the QUALity and Transparency Of health Research (EQUATOR) en el Reino Unido dirigida por el profesor Doug Altman, este enfoque subraya la importancia de la precisión y transparencia en la investigación de salud, lo cual se refuerza por la asociación con la Organización Panamericana de la Salud, tal como se documenta en su informe de mayo de 2016 Barquero Morales (2022).

## 2.1 Estrategia de Búsqueda Avanzada

En el presente estudio se implementó una estrategia de búsqueda avanzada para compilar una revisión sistemática de literatura que explorará la intersección de la tecnología blockchain en la educación superior y la validación de certificados. Las fuentes de información seleccionadas fueron bases de datos académicas y científicas de primer nivel tales como: PubMed, Scielo, Redalyc, Crossref y Dialnet, cada una conocida por su sólida colección de publicaciones académicas en el ámbito de las tecnologías.

### 2.1.1 Búsqueda Sistemática

En la búsqueda sistemática se emplearon términos clave en combinación con operadores booleanos para asegurar una cobertura amplia y precisa de la literatura existente. La búsqueda se inició con un conjunto de términos básicos como “Blockchain” y “Education”, incrementando progresivamente la especificidad con términos adicionales como “Certificate Validation” y “Educational Technology”. Se utilizaron combinaciones tales como:

- (“Blockchain” AND “Education”) OR (“Blockchain” AND “Certificate”)
- (“Blockchain” AND “Education”) OR (“Educational Certificate” AND “Blockchain Technology”) NOT “Cryptocurrency”

Estas combinaciones iniciales estaban destinadas a recoger un amplio espectro de investigaciones y discusiones entorno a la aplicación de blockchain en ámbitos educativos.

### 2.1.2 Criterios de Inclusión y Exclusión

Los criterios de inclusión y exclusión fundamentales para la relevancia y la calidad de la revisión se establecieron conforme a las mejores prácticas que se detallaron en la Tabla 1 del documento. Se priorizaron artículos publicados entre 2021 a 2024 en inglés y español que estuvieran disponibles de forma gratuita y contaran con un DOI para su fácil localización y verificación. Se excluyeron tipos de literatura como tesis, libros y aquellos estudios que, aunque contaran con blockchain como tema, no se vinculaban directamente con la educación superior o la validación de certificados.

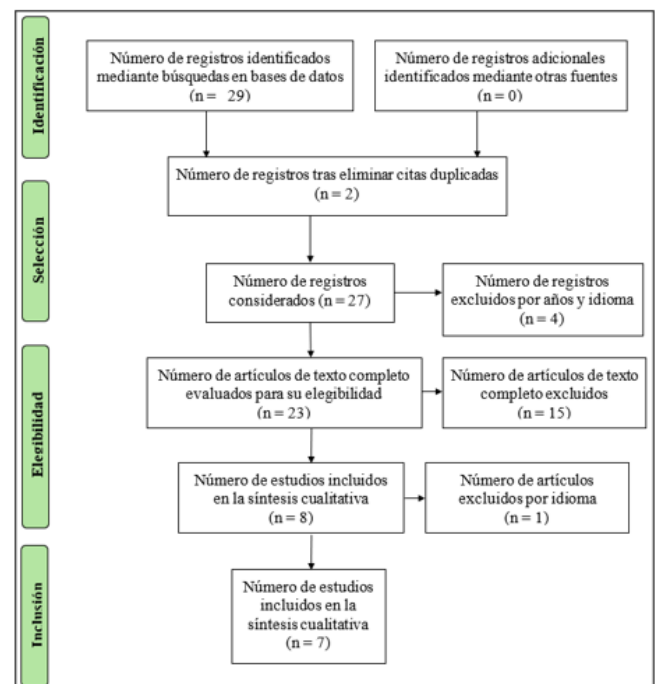
**Tabla 1.** Criterios de Inclusión y Exclusión.

Inclusión	Exclusión
Artículos publicados entre 2021 - 2024	Tesis
Artículos en español e inglés	Libros
Artículos con acceso gratuito	Artículos fuera del periodo 2021 - 2024
Artículos bases de datos mencionadas	Artículos con acceso tarifado
Artículos de Blockchain que cuenten con DOI	Artículos que no se encuentren en las bases de datos mencionadas
	Artículos no relacionados con el tema

Fuente: Autores

## 2.2 Filtrado y Análisis de Resultados

La selección de artículos para este estudio siguió un proceso riguroso de filtrado basado en los criterios de inclusión y exclusión descritos previamente. La Figura 1 ilustra el flujo de trabajo detallado de la metodología PRISMA; el proceso comenzó con la identificación de 29 registros a través de las búsquedas en bases de datos y se refinó mediante la eliminación de duplicados y la aplicación de los criterios de inclusión y exclusión.



**Figura 1.** Criterio de Exclusión e Inclusión PRISMA.

Fuente: Los autores.



Los criterios de inclusión incluyeron la consideración de artículos publicados entre 2021 y 2024, en idiomas español e inglés, que estuvieran disponibles gratuitamente y que contaran con un identificador de objeto digital (DOI). Se excluyeron tesis, libros y artículos que no estuvieran directamente relacionados con el tema de blockchain en la educación superior o la validación de certificados.

La información extraída de los artículos no se limitó a los objetivos de estudio, metodologías utilizadas, resultados principales o sus conclusiones; sino que se sometieron a un análisis cualitativo centrado en identificar tendencias, discrepancias y posibles lagunas en la investigación. Este análisis buscó comprender la profundidad y el alcance de la aplicación de la tecnología blockchain en el ámbito de la educación superior con un enfoque particular en la validación y emisión de certificados.

La síntesis cualitativa involucró la integración de los hallazgos individuales de los estudios seleccionados para construir una comprensión holística del cuerpo de conocimiento existente.

El método de exclusión aplicado para la consideración de artículos científicos en la presente investigación se documenta en la Figura 1. Este proceso sistemático asegura la calidad de la literatura analizada proporcionando una base sólida para conclusiones fiables y recomendaciones prácticas, además; detalla el número de artículos que avanzaron a través de cada etapa del proceso de revisión, desde la identificación inicial de los registros hasta la inclusión final en la síntesis cualitativa. Este enfoque meticuloso subraya la importancia de adherirse a un protocolo estandarizado para garantizar la integridad y validez del análisis de literatura en investigaciones sistemáticas.

En la Tabla 2 se presenta una síntesis de los estudios relevantes incluidos en esta revisión sistemática. Esta tabla organiza de manera clara y concisa la información pertinente de los estudios seleccionados, distribuyendo los títulos de los artículos bajo tres categorías principales que reflejan las áreas temáticas abordadas en la presente investigación. Estas categorías fueron determinadas mediante un análisis exhaustivo de los temas emergentes y recurrentes encontrados en la literatura revisada, permitiendo una agrupación coherente y representativa de los distintos enfoques y aspectos abordados en nuestro estudio:

- Validación y Autenticación de Certificados.
- Seguridad y Prevención de Fraude.
- Adopción e Innovación Tecnológica en Educación.

Los estudios incluidos en la categoría de Validación y Autenticación de Certificados se centran en la aplicación de la tecnología blockchain para asegurar la integridad y autenticidad de los documentos educativos, lo cual es crucial para evitar la falsificación y facilitar la verificación de credenciales académicas

**Tabla 2.** Clasificación de Artículos por Categoría y Autores.

Categoría	
Validación y Autenticación de Certificados	
Autores	Títulos
Manjunatha & Usha (2023)	CERTIFICATE VALIDATION USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY
Rahardja et al. (2021)	Immutable Ubiquitous Digital Certificate Authentication Using Blockchain Protocol
Castro & Au-Yong-Oliveira (2021)	Blockchain and higher education diplomas
Seguridad y Prevención de Fraude	
Ninda Lutfiani et al. (2022)	Academic Certificate Fraud Detection System Framework Using Blockchain Technology
Adopción e Innovación Tecnológica en Educación	
Ramos & Queiroz (2022)	Blockchain in education the influence of trust on adoption and implementation
Jaramillo & Piedra (2021)	Un marco de trabajo basado en tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad y la confianza en el intercambio de información entre Instituciones de Educación Superior

Fuente: Los autores.

a nivel global. Por su parte, los artículos bajo la categoría de Seguridad y Prevención de Fraude destacan la capacidad de blockchain para combatir el fraude y mejorar la confianza en los procesos académicos y administrativos. Finalmente, la categoría de Adopción e Innovación Tecnológica en Educación reúne estudios que exploran cómo la confianza, la colaboración y las nuevas estructuras descentralizadas pueden influir positivamente en la adopción y el impacto de blockchain en el sector educativo.

Esta clasificación no solo proporciona una visión estructurada de la literatura actual, sino que también facilita a los lectores, académicos y profesionales de la educación la identificación de las tendencias y contribuciones más significativas en el campo de blockchain aplicado a la educación. de Adopción e Innovación Tecnológica en Educación reúne estudios que exploran cómo la confianza, la colaboración y las nuevas estructuras descentralizadas pueden influir positivamente en la adopción y



el impacto de blockchain en el sector educativo.

Esta clasificación no solo proporciona una visión estructurada de la literatura actual, sino que también facilita a los lectores, académicos y profesionales de la educación la identificación de las tendencias y contribuciones más significativas en el campo de blockchain aplicado a la educación.

### 2.3 Metodología de desarrollo de software

En la Tabla 3 proporcionada por Rodríguez López et al. (2023) se detalla la metodología SCRUM aplicada al desarrollo de proyectos. Esta tabla destaca las técnicas clave usadas en esta metodología ágil, como el tamaño adaptable del grupo, el enfoque en la ejecución de sprints en un período de tiempo fijo y el control de avance a través de reuniones. Se resalta la importancia del desarrollo incremental donde los cambios no son permitidos

**Tabla 3.** Metodología SCRUM.

Técnicas	SCRUM
Tamaño del grupo	Adaptable al tamaño necesario.
Enfoque	Ágil, centrado en la flexibilidad, el trabajo en equipo, y la entrega iterativa de características del producto.
Relación cliente/proyecto	Colaborativa, con el cliente participando activamente durante las revisiones de sprint y proporcionando retroalimentación.
Alcance del proyecto	Definido de manera incremental, con la capacidad de adaptarse a cambios basados en retroalimentación y prioridades.
Ciclo de iteraciones	Compuesto por sprints, cada uno con duración fija (2-4 semanas), durante los cuales se desarrolla un incremento del producto.
Control de avance	A través de reuniones semanales para revisiones de sprint, y la utilización de un tablero SCRUM para visualizar el progreso.
Desarrollo incremental	Se enfoca en la entrega de partes funcionales del producto al final de cada sprint, permitiendo ajustes basados en retroalimentación.
Colaboración	Alta, entre todos los miembros del equipo y con el cliente, utilizando herramientas y prácticas que fomentan la comunicación y la transparencia.
Planificación	Dinámica, con planificación de sprint al inicio de cada iteración, donde se seleccionan tareas del backlog para desarrollar basándose en prioridades y capacidad del equipo.

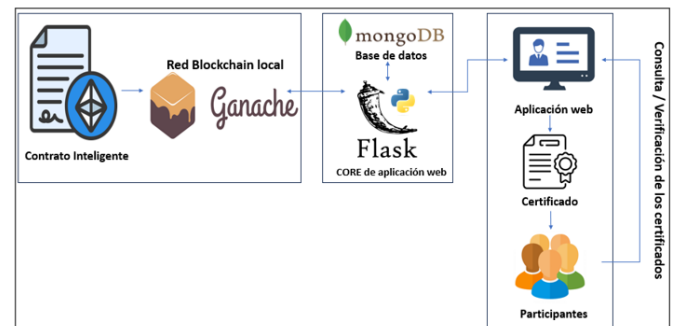
Fuente: Adaptado de Rodríguez López et al. (2023)

hasta la finalización de cada sprint, promoviendo la colaboración y la autonomía del equipo, así como una jerarquización de tareas basada en la prioridad del negocio. Esta estructuración ofrece una visión clara de cómo SCRUM facilita la gestión eficiente y flexible de proyectos de desarrollo de software alineándose con las necesidades y la dinámica del mercado actual.

### 2.3 Desarrollo del prototipo

El desarrollo de la aplicación web se llevó a cabo utilizando la metodología de SCRUM; una estrategia enfocada en la entrega rápida y eficiente de productos de software de alta calidad. Este enfoque permitió estructurar el proyecto en fases claramente definidas, desde la concepción inicial hasta la entrega final, asegurando una alineación constante con los objetivos.

En la Figura 2 se muestra la arquitectura de la aplicación web basada en la metodología SCRUM mediante sprints la cual ilustra el despliegue del contrato inteligente implementado en Ganache hasta ser consumido por la aplicación web creada con Flask, centrándose en el flujo de emisión de certificados, mostrando la secuencia en la que tras activar el contrato inteligente la aplicación web confirma la operación para luego proceder con la generación de los certificados, además; detalla el proceso mediante el cual Flask registra cada certificado en una colección de MongoDB, incluyendo metadatos esenciales como el identificador del certificado, fecha de emisión y datos del beneficiario. Este diagrama se convierte en un recurso esencial para el desarrollo garantizando la integración y funcionamiento cohesivo de los componentes del sistema. Este enfoque facilita la automatización eficiente y segura de la emisión de certificados, asegurando al mismo tiempo un registro claro e inmutable de todas las operaciones realizadas.



**Figura 2.** Arquitectura de la Aplicación.

Fuente: Los autores.

Después de detallar la arquitectura subyacente de la aplicación el siguiente paso es examinar el núcleo funcional del sistema: el contrato inteligente escrito en Solidity (.sol) responsable de la emisión y validación de certificados. Este contrato inteligente actúa como el eje central en la red de blockchain local de Ganache donde se definen y ejecutan las reglas de negocio para garantizar la autenticidad y la integridad de los certificados emitidos. A continuación, se presenta el código principal del contrato que ilustra la lógica operativa para la creación de certificados digitales verificables y la estructura de datos para

su almacenamiento y recuperación. Este fragmento de código es crucial ya que demuestra la implementación práctica de la tecnología blockchain para la gestión segura y descentralizada de las credenciales.

Las Figuras 3 y 4 ilustran funciones clave dentro del ecosistema del contrato inteligente para la gestión de certificados: la emisión y la consulta.

### 3. Resultados y Discusión

#### 3.1 Resultados de revisión literaria

Los resultados obtenidos de la estrategia de búsqueda avanzada y sistemática revelan una distribución interesante de la literatura seleccionada sobre la aplicación de la tecnología blockchain en la educación superior, específicamente en la validación y emisión de certificados. Como parte del compromiso con la transparencia y el rigor metodológico se presenta un análisis detallado de la

```
1 function emitirCertificado(address receptor, string memory datos) public soloEmisorAutorizado returns (bytes32) {  
2     bytes32 idCertificado = keccak256(abi.encodePacked(block.timestamp, msg.sender, receptor, datos));  
3     certificados[idCertificado] = CertificadoStruct(idCertificado, msg.sender, receptor, datos, true);  
4     emit CertificadoEmitido(idCertificado, msg.sender, receptor);  
5     contadorCertificadosValidos++;  
6     return idCertificado;  
7 }
```

Figura 3. Función de Emisión de Certificados en el Contrato Inteligente.

Fuente: Los autores.

```
1 function consultarDatosCertificado(bytes32 idCertificado) public view returns (string memory) {  
2     require(certificados[idCertificado].id != 0, "El certificado no existe");  
3     return certificados[idCertificado].datos;  
4 }
```

Figura 4. Función de Validación de Certificados en el Contrato Inteligente.

Fuente: Los autores.

La Figura 3 exhibe la función emitirCertificado, la cual no solo genera un identificador único para cada certificado por medio de la función keccak256 y lo registra en la cadena de bloques, sino que también incrementa el conteo de certificados válidos, facilitando un rastreo efectivo de las credenciales. En complemento, la Figura 4 presenta consultarDatosCertificado, un procedimiento que confirma la validez y accede a la información de un certificado mediante su identificador único, esencial para la transparencia y la disponibilidad de la información de los certificados en la plataforma. Estas dos funciones subrayan la eficiencia y la seguridad inherentes al proceso de certificación digital.

Asimismo, con la Figura 5 (a) y (b) observamos funciones cruciales para la aplicación web, presentan los métodos para emitir y consultar los certificados.

distribución de los artículos seleccionados entre las bases de datos utilizadas en la investigación.

Esta investigación se refleja en las observaciones de Manjunatha & Usha (2023), quienes destacaron la seguridad y la rapidez de la verificación offline de certificados digitales convirtiéndolos en tokens usando la tecnología blockchain. Asimismo, se alinea con los hallazgos de Lutfiani et al. (2022), que resaltaron la capacidad de la tecnología blockchain para prevenir el fraude de certificados académicos. La revisión aporta a este campo al proponer una plataforma web que no solo asegura la autenticidad de los certificados, sino que también facilita su gestión, marcando así un paso adelante en la integración tecnológica para la educación superior.

El análisis de las fuentes de información no solo permite entender la prevalencia de los temas relacionados con blockchain en distintos repositorios académicos sino también reflejar la amplitud

```

A
1 def emitir_certificado(self, receptor, datos):
2     try:
3         nonce = self.web3.eth.get_transaction_count(self.emisor_address)
4         tx = self.contract.functions.emitirCertificado(
5             receptor, datos
6         ).build_transaction({
7             'from': self.emisor_address,
8             'nonce': nonce,
9             'gas': 2000000,
10        })
11
12        # Firma la transacción
13        signed_tx = self.web3.eth.account.sign_transaction(
14            tx, self.emisor_private_key)
15
16        # Envía la transacción y espera a que sea minada
17        tx_hash = self.web3.eth.send_raw_transaction(signed_tx.raw_transaction)
18        tx_receipt = self.web3.eth.wait_for_transaction_receipt(tx_hash)
19
20        # Procesar y devolver el resultado
21        event = self.contract.events.CertificadoEmtido().process_receipt(tx_receipt)
22        if event:
23            certificado_id = event[0][\"args\"][\"idcertificado\"].hex()
24            return certificado_id, tx_receipt.transactionHash.hex()
25        else:
26            return None, None
27    except Exception as e:
28        print(f\"Error al emitir el certificado: {e}\")

```

```

B
1 def consultar_datos_certificado(self, id_certificado_hash_str):
2     try:
3         id_certificado_hash = Web3.to_bytes(hexstr=id_certificado_hash_str)
4         datos_certificado = self.contract.functions.consultarDatosCertificado(id_certificado_hash).call()
5         return datos_certificado
6     except Exception as e:
7         print(f\"Error al consultar el certificado: {e}\")
8         return None

```

Figura 5. Conector a la red blockchain en flask. (a) Función emitir\_certificados; (b) Función consultar\_datos\_certificados. Fuente: Los autores.

de búsqueda, diversidad de enfoques y contextos considerados. Tal diversificación es crucial para una comprensión holística del estado actual del arte y para identificar tanto convergencias como divergencias en la investigación existente.

En la Figura 6 se muestra que de los artículos científicos seleccionados de las bases de datos consultadas para este estudio las contribuciones de las fuentes de información son equitativas, lo que demuestra un enfoque de búsqueda exhaustivo, una representación balanceada de las bases de datos académicas y científicas.

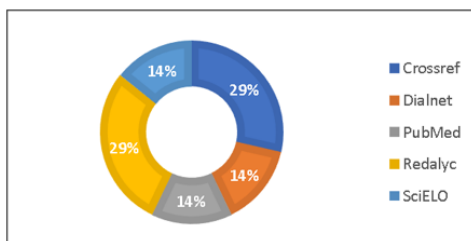


Figura 6. Distribución Porcentual por Revista. Fuente: Los autores.

De acuerdo con el gráfico:

- Crossref y PubMed representan cada uno el 29% del total de artículos seleccionados, siendo las fuentes más contribuyentes. Esto indica una fuerte presencia de investigaciones relevantes para el tema de tecnología blockchain en educación superior en estas plataformas.
- Dialnet y SciELO aportan cada uno un 14% al total de artículos seleccionados, lo que sugiere una participación significativa que complementa la investigación con perspectivas adicionales y posiblemente regionales.

- Redalyc, con otro 14%, contribuye en igual medida que Dialnet y SciELO, reafirmando la importancia de incluir fuentes variadas para obtener un espectro completo de la literatura disponible.

Un aspecto clave en la evaluación del progreso científico en cualquier área de estudio es la consideración de cómo ha cambiado la cantidad de investigación publicada a lo largo del tiempo. Este análisis temporal no solo permite observar las tendencias en la investigación, sino también inferir el interés y la evolución de un campo en particular. En el presente estudio sobre la aplicación de la tecnología blockchain en la educación superior la distribución anual de las publicaciones proporciona una perspectiva del crecimiento o declive en la actividad de investigación a lo largo de los años considerados.

La Figura 7 presenta la suma de publicaciones científicas por año desde el comienzo del período de estudio en 2021 hasta el año 2023. Así, se observan las tendencias y variaciones en el volumen de literatura disponible indicando los patrones de interés y desarrollo tecnológico académico, además; se evidencia que el número de publicaciones se mantuvo constante en los dos primeros años, con seis publicaciones entre 2021 y 2022. Sin embargo, se aprecia una notable disminución en 2023, donde solo se ha registrado una publicación, cabe destacar que en el año 2024 no se evidencia alguna publicación respecto al tema de investigación. Este descenso podría atribuirse a una serie

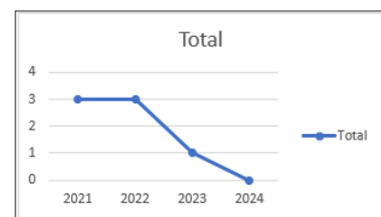


Figura 7. Publicaciones Científicas por año 2021-2024. Fuente: Los autores.



de factores incluyendo la maduración del campo de estudio, cambios en las prioridades de financiación de la investigación o posiblemente un desplazamiento hacia temas emergentes relacionados.

Además, es importante considerar el impacto de la pandemia de COVID-19 en el panorama de investigación. Según Demirbaş & İncekara (2020), la pandemia ha llevado a un enfoque intensificado en la aplicación de tecnologías blockchain en el sector de la salud para abordar desafíos urgentes, como la entrega de medicamentos a los pacientes. Esta atención concentrada en la salud durante la pandemia puede haber desviado recursos y atención lejos de la investigación de certificados digitales, lo que posiblemente contribuyó al descenso observado en el número de publicaciones durante este período. Sin embargo, este fenómeno también podría representar una oportunidad futura para explorar la integración de la tecnología blockchain en la autenticación de certificados digitales, especialmente a medida que se reconoce su importancia en situaciones de crisis como la pandemia de COVID-19.

### 3.2 Resultados del prototipo

#### 3.2.1 Aplicación web desarrollado en Flask

En los resultados obtenidos del prototipo de aplicación web de emisión y validación de certificados basado en tecnología blockchain se presentarán figuras que demuestran la efectividad y eficiencia de esta solución, estas evidencias subrayan la capacidad de la propuesta para mejorar significativamente la gestión de certificados académicos marcando un hito en la innovación educativa.

Los resultados obtenidos a través de la aplicación web demuestran la eficiencia y la usabilidad del sistema desarrollado. Un ejemplo de esta funcionalidad es la creación de cursos tal como se ve en la Figura 8 cuyo formulario web permite registrar un nuevo curso usando una interfaz de usuario garantizando la recogida coherente de los datos necesarios; lo que asegura la precisión en el proceso de certificación. Este formulario recopila información esencial como el identificador del curso, nombre, departamento responsable, categoría, período académico que se realizó el curso, descripción, fecha de expiración, duración, participantes y detalles de los firmantes. La capacidad de capturar estos detalles de manera estructurada y sistemática es fundamental para la correcta emisión de certificados y la posterior verificación de su validez.

La emisión de certificados constituye una de las funcionalidades más críticas de la plataforma. La Figura 9 muestra la interfaz dedicada a la simplificación del proceso al permitir al usuario seleccionar un curso de un conjunto predefinido de cursos lo cual asegura que los certificados se emitan de una manera

Figura 8. Formulario de creación de Curso.

Fuente: Los autores.

Figura 9. Formulario de emisión de certificados por Curso.

Fuente: Los autores.

segura. Una vez seleccionado el curso, la aplicación llama la función que se muestra en la figura 5 (a), interactuando con el contrato inteligente en la blockchain de Ganache para generar un certificado con un identificador único. Este proceso no solo mejora la experiencia del usuario al minimizar el esfuerzo requerido para emitir certificaciones, sino que también mantiene la integridad del sistema al asegurar que cada certificado sea trazable y esté vinculado inequívocamente a su curso y participante correspondiente. La automatización de este proceso representa un avance significativo en la administración de certificados educativos y profesionales, evidenciando el valor agregado de la integración de la tecnología blockchain en soluciones educativas.

Tras la emisión completa de los certificados correspondientes a los participantes del curso seleccionado, la Figura 10 ilustra una interfaz para listar los cursos cuyos certificados han sido previamente emitidos facilitando así la consulta de su información pertinente. Esta interfaz presenta datos esenciales como el nombre del participante, el curso asociado, así como las fechas de emisión y de expiración del certificado, permitiendo





Figura 10. Consulta de certificados dentro del sistema.

Fuente: Los autores.

además su descarga. Por otro lado, en la Figura 11 se exhibe el certificado en su formato PDF, accesible tras la ejecución de la opción de descarga. Este documento refleja la plantilla estandarizada y adaptada a los criterios visuales de la institución emisora, asegurando así la coherencia y el reconocimiento formal de la certificación.

El escaneo del código QR presente en el certificado redirige al usuario hacia un endpoint específico de la aplicación web. Dicho



Figura 11. Certificado emitido en formato PDF.

Fuente: Los autores.

endpoint está diseñado para mostrar detalles críticos respecto a la validación del curso dentro de la red blockchain y el sistema correspondiente como se muestra en la Figura 12, la interfaz desplegada proporciona información esencial relacionada con el curso, permitiendo además a los usuarios la opción de descargar el certificado o realizar consultas sobre otros certificados.

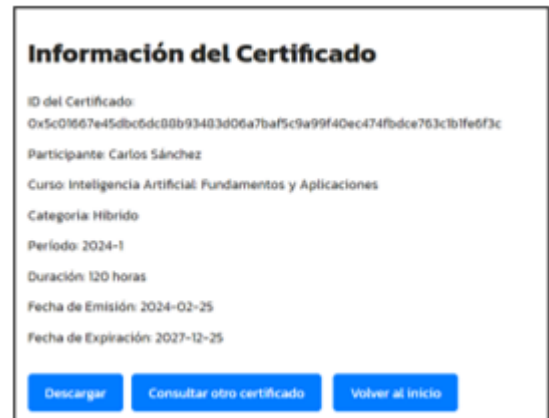


Figura 12. Interfaz de resultado de consulta y validación de certificado.

Fuente: Los autores.

Adicionalmente, en el caso de que el ID del certificado resulte ser inválido o no sea localizado dentro del sistema, se genera y presenta un mensaje de alerta dirigido al usuario. Este mecanismo de notificación está ilustrado en la Figura 13, destacando la importancia de proveer retroalimentación inmediata y precisa en situaciones donde la validación del certificado enfrenta obstáculos.



Figura 13. Alerta de un certificado no valido dentro del sistema y la red blockchain.

Fuente: Los autores.

### 3.2.2 Contrato desplegado en la red local de Ganache

La Figura 14 ofrece una representación visual de la interfaz del contrato inteligente utilizado para la emisión y validación de certificados en la red blockchain. Se observa la dirección única del contrato, el hash de la transacción de creación y el balance

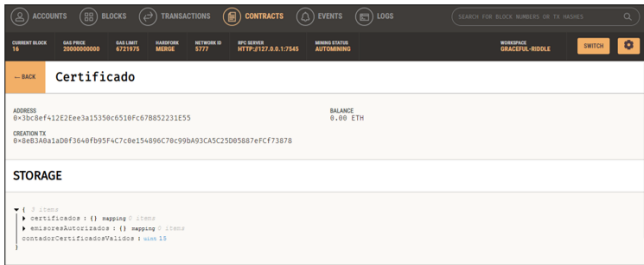


Figura 14. Contrato desplegado.
Fuente: Los autores.

de Ether asociado, lo que refleja la infraestructura económica subyacente del sistema. La sección STORAGE muestra las variables de estado cruciales del contrato: un contador de certificados válidos emitidos y dos mapeos que gestionan los identificadores de certificados y las autoridades emisoras. Esta interfaz es fundamental para garantizar la transparencia y la integridad de los procesos de validación de certificados, al proporcionar un acceso inmutable y verificable a los datos dentro del ecosistema de la cadena de bloques.

Asimismo, la Figura 15 muestra en detalle una transacción específica dentro de la red blockchain que corresponde a la función de emisión de un certificado. Se identifica la dirección del remitente y la dirección del contrato inteligente del certificado junto con el valor de la transacción y el gas utilizado. La sección TX DATA contiene los datos codificados enviados durante la transacción que incluyen la función del contrato inteligente llamada y los parámetros pasados tales como la dirección del receptor y los datos del certificado. Estos datos reflejan la ejecución de la función emitirCertificado, que se traduce en la creación de un certificado con información detallada como la identificación del curso, el nombre del participante, y las fechas de emisión y expiración, entre otros. La inmutabilidad de esta



Figura 15. Transacción al emitir un certificado.
Fuente: Los autores.

transacción asegura la veracidad del certificado emitido en la cadena de bloques.

En cuanto a la visualización proporcionada por la Figura 16, se exhibe el evento emitido como resultado de la transacción en la red blockchain. Este registro es crucial ya que certifica la emisión de un nuevo certificado, se detalla el nombre del contrato, Certificado, y la firma decodificada de la función que indica que se ha invocado el evento CertificadoEmitido. Los valores devueltos incluyen el identificador único del certificado, la dirección del emisor y la del receptor. El hash de la transacción y la marca de tiempo exacta del bloque en el que se minó la transacción son también visibles, proporcionando una pista auditiva inmutable y confiable que respalda la integridad del proceso de certificación.



Figura 16. Evento de la transacción de la emisión del certificado.
Fuente: Los autores.

3.2.3 Control y Evaluación del Rendimiento

Para abordar el control y la evaluación del rendimiento de la aplicación web, se ha optado por emplear la normativa ISO/IEC 25010. Esta elección se basa en el reconocimiento internacional de esta normativa como un marco sólido y exhaustivo para la evaluación de la calidad del software. Dado el enfoque en mejorar la eficiencia de rendimiento; esta norma proporciona una estructura bien definida que permite analizar específicamente este aspecto crucial en la entrega de servicios digitales de alta calidad.

Al aplicar esta normativa, se asegura un enfoque sistemático y riguroso para identificar áreas de optimización y garantizar una experiencia óptima para los usuarios.

A través del análisis detallado de los registros de peticiones, se puede observar la eficiencia general de la aplicación evidenciada por tiempos de respuesta rápidos en operaciones críticas como la creación de cursos, listado de usuarios y gestión de certificados. Sin embargo; también se han identificado áreas de optimización particularmente en la emisión y descarga de certificados, donde

los tiempos de respuesta son superiores a lo esperado.

La presentación de datos a través de Tabla 4 permite una visualización de la eficiencia del sistema, diferenciando entre operaciones de rutina y aquellas que requieren atención para su optimización. A pesar de la eficiencia general observada, se identificaron ciertas operaciones, específicamente la emisión (0.7s) y descarga de certificados (1.85s), que presentan tiempos de respuesta superiores a los esperados. En una proyección para la emisión de 100 certificados, se observa que el tiempo de procesamiento total es de 9.9 segundos. En un mismo ejercicio, pero considerando aumentar el número de certificados, en esta ocasión subiendo a 200 podría tomar unos 20 segundos aproximadamente; detectando que el tiempo de transacción dependerá del número de certificados que se desee emitir por curso. La optimización de la emisión y descarga de certificados permitirá alcanzar un nivel superior de satisfacción del usuario, especialmente en aquellas funcionalidades que demandan un mayor procesamiento.

**Tabla 4.** Tiempos de Respuesta.

Tipo de Petición	Código de Estado	Tiempo de Respuesta
POST /certificate/certificados-emitted-list-cursos	200	0.03s
GET /curso/list	200	0.02s
POST /certificate/emitir-cursos	302	0.7s
GET /certificate/download-certificado/...	200	1.85s

Fuente: Los autores.

### 3.2.4 Análisis de costos

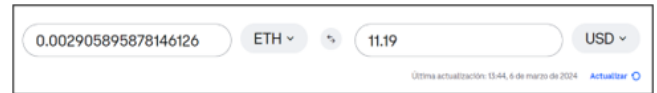
En la revisión del análisis de costos del proyecto, es crucial comprender el despliegue del contrato inteligente tanto en la red de ganache como a través de Truffle en el entorno local, ya que estos sirven como puntos de referencia para evaluar el costo total de la transacción en ETH, la criptomoneda utilizada en el proceso. La Figura 17 muestra un resumen del total de despliegues del contrato y su costo final, proporcionando así un valor aproximado basado en los datos recopilados durante el proceso de despliegue con Truffle.

```
Summary
=====
> Total deployments: 1
> Final cost: 0.002905895878146126 ETH
```

**Figura 17.** Resumen de costo final del despliegue del contrato.

Fuente: Los autores.

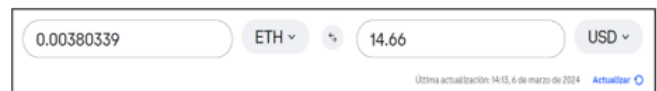
En comparación con el valor del costo final, que equivale a 0,002905895878146126 ETH, se puede calcular su equivalente en dólares utilizando la calculadora de conversión de criptomonedas de [www.coinbase.com](http://www.coinbase.com), con datos actualizados hasta el 6 de marzo de 2024, como se muestra en la Figura 18.



**Figura 18.** Costo en dólares del despliegue del contrato.

Fuente: Coinbase (2024)

Además, el análisis de los certificados emitidos revela un consumo promedio de 380339 unidades de gas por transacción al interactuar con el contrato. Convertido a criptomoneda, este consumo equivale a 0,00380339 ETH por certificado, como se visualiza en la conversión a dólares de la Figura 19.



**Figura 19.** Costo en dólares de la emisión de un certificado.

Fuente: Coinbase (2024)

Al proyectar el escenario donde una institución emite aproximadamente 200 certificados mensuales, se estima un valor cercano a los 2932,00 USD. Este análisis resulta fundamental para establecer una referencia en cuanto al costo de matrícula de los cursos y ajustar sus precios de manera adecuada, considerando la viabilidad financiera y la equidad para los estudiantes.

Además, es importante considerar que, si bien es posible enviar una ráfaga de peticiones para emitir entre 100 y 200 certificados en un día, el costo podría variar dependiendo del momento en que se realicen las transacciones. Factores como la demanda de la red y su congestión pueden influir en el costo de las transacciones en la blockchain. Sin embargo, para nuestro caso de uso, esta variación no sería significativa ya que las peticiones no se extenderán por un período prolongado. En el peor de los casos, los costos podrían fluctuar si al inicio de las transacciones hay una alta demanda de la criptomoneda utilizada.

Es esencial considerar que el despliegue de la aplicación web puede presentar variaciones significativas según la elección entre implementarla en servidores propios de la institución o recurrir a servicios externos. Esta decisión debe alinearse con las políticas internas del departamento de Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), teniendo en cuenta aspectos como la seguridad de los datos, la disponibilidad del servicio y los costos asociados. Un análisis detallado de estas opciones es imprescindible para tomar una decisión informada y garantizar el éxito del proyecto en su conjunto.

## 4. Conclusiones

Mediante un análisis detallado y la creación de un prototipo



funcional, se ha destacado el notable potencial de la tecnología blockchain para transformar la gestión de certificaciones académicas, promoviendo la autenticidad y la integridad de los documentos emitidos. La exitosa implementación de un contrato inteligente en una red blockchain propia, acompañada de una interfaz de usuario intuitiva y segura, ha validado tanto la factibilidad técnica como la pertinencia práctica de esta tecnología en entornos educativos.

La utilización de tecnologías como Flask para el desarrollo del aplicativo web, Ganache para la implementación de una red blockchain local, y MongoDB para almacenar un registro de transacciones como respaldo institucional, ha facilitado la creación de un panorama integral para el prototipo de una plataforma de emisión y validación de certificados. Sin embargo, al observar los tiempos de respuesta en la generación de certificados en formato PDF, se evidencia la necesidad de explorar alternativas para optimizar estos procesos. Este hallazgo subraya la importancia de considerar diferentes herramientas y enfoques tecnológicos para garantizar una experiencia de usuario óptima en la adopción de la tecnología blockchain en entornos educativos.

La investigación resalta el potencial de la tecnología blockchain para transformar la gestión de certificaciones académicas, cuya incidencia es significativa en la adopción tecnológica. Esta perspectiva se evidencia en la solicitud de una dirección de cuenta o wallet al registrar a los participantes en los cursos para emitir certificados, lo que marca la normalización del uso de estas herramientas en el sistema. Al vincular los datos esenciales del certificado con la dirección de cuenta del participante cada transacción queda registrada en la red blockchain garantizando transparencia al permitir a cualquier persona verificar la autenticidad y propiedad legítima del certificado emitido.

El estudio ha dedicado esfuerzos significativos a la evaluación del rendimiento del sistema propuesto, asegurando tanto su eficacia operativa como la sostenibilidad del modelo en términos de escalabilidad y mantenimiento. Es importante tener en cuenta que estas pruebas se realizaron en una red blockchain local utilizando Ganache. Los tiempos de emisión de certificados obtenidos en este entorno pueden no reflejar con precisión el rendimiento esperado en un entorno de producción con una red mucho más grande y distribuida. En un entorno de producción, factores como la latencia de red, la congestión y la capacidad de procesamiento de los nodos pueden influir en los tiempos de ejecución de las operaciones en la blockchain. Por lo tanto,

es necesario realizar pruebas exhaustivas en un entorno de producción para evaluar con precisión el rendimiento del sistema en condiciones reales.

A través de un análisis de costos, se ha demostrado que existen beneficios a largo plazo debido a la reducción de costos operacionales que justifican la inversión; esto se debe a la optimización, automatización de procesos, la reducción de intermediarios, la mejora en la eficiencia operativa y la gestión de datos, así como la transparencia y la integridad mejoradas. Es importante tener en cuenta el costo del gas utilizado en las transacciones dentro de la red blockchain, el cual puede ser variable y experimentar incrementos, añadiendo un elemento de volatilidad al costo total. Sin embargo, la capacidad de realizar un seguimiento, control de rendimiento en tiempo real promueve una mejora continua y una gestión eficiente de los recursos, lo que contribuye a maximizar la rentabilidad y la efectividad del sistema en su conjunto.

Para futuros estudios se recomienda concentrarse en superar las barreras de adopción específicas para implementar blockchain a gran escala en entornos educativos. Un área de enfoque podría ser el desarrollo y la validación de marcos de competencias digitales para educadores y estudiantes, asegurando que la blockchain no solo mejore la emisión de certificados, sino que también apoye métodos de enseñanza innovadores. Otra línea de investigación podría examinar la interoperabilidad entre diferentes sistemas educativos y plataformas blockchain, facilitando un intercambio de información seguro y eficiente a nivel global. Además, sería valioso explorar cómo la blockchain puede contribuir a la creación de portafolios digitales de estudiantes, permitiendo una validación transparente, verificable de habilidades y logros académicos. Estos campos de estudio abordarían las aplicaciones técnicas de la blockchain en la educación además de considerar sus implicaciones éticas, sociales y legales, contribuyendo a un ecosistema educativo más inclusivo, equitativo y eficiente.

### Agradecimientos

Deseamos manifestar profunda gratitud hacia nuestros mentores en la revisión y mejora del artículo de la Universidad Técnica de Machala, cuya asistencia y guía han sido cruciales en nuestro proyecto investigativo. Asimismo, agradecemos a los familiares y amigos de Los autores de este estudio por su apoyo esencial, aunque indirecto, que ha sido clave para su realización. Su soporte constante ha representado una importante motivación y fortaleza durante el proceso.



## Contribución de los autores

**Freddy Stalin Lamar Peña:** Administración del proyecto, Investigación, Redacción-borrador y Metodología. **Geovanny Andrés Vega Mite:** Conceptualización, Investigación, revisión y edición del artículo. **Joofre Antonio Honores Tapia:** Metodología, revisión y edición del artículo. **Oscar Efrén Cárdenas Villavicencio:** Investigación, Redacción-borrador.

## Conflictos de interés

Los autores declaran no tener ningún conflicto de interés.

## Apéndice o Anexo

### Clase del conector blockchain

class BlockchainConnector:

```
def __init__(self):
    provider_url = GANACHE_URL
    self.web3 = Web3(Web3.HTTPProvider(provider_url))

    contract_path = CONTRACT_PATH
    contract_address = CONTRACT_ADDRESS

    with open(contract_path) as file:
        contract_json = json.load(file)
        contract_abi = contract_json['abi']

    self.contract = self.web3.eth.contract(
        address=contract_address, abi=contract_abi)
    self.emisor_address = EMISOR_ADDRESS
    self.emisor_private_key = EMISOR_PRIVATE_KEY

def is_connected(self):
    return self.web3.is_connected()

def emitir_certificado(self, receptor, datos):
    try:
        nonce = self.web3.eth.get_transaction_count(self.emisor_address)
        tx = self.contract.functions.emitirCertificado(
            receptor, datos
        ).build_transaction({
            'from': self.emisor_address,
            'nonce': nonce,
```

```
        'gas': 2000000,
        })

    # Firma la transacción
    signed_tx = self.web3.eth.account.sign_transaction(
        tx, self.emisor_private_key)

    # Envía la transacción y espera a que sea minada
    tx_hash = self.web3.eth.send_raw_transaction(signed_tx.rawTransaction)
    tx_receipt = self.web3.eth.wait_for_transaction_receipt(tx_hash)

    # Procesar y devolver el resultado
    event = self.contract.events.CertificadoEmitido().process_receipt(tx_receipt)
    if event:
        certificado_id = event[0]['args']['idCertificado'].hex()
        return certificado_id, tx_receipt.transactionHash.hex()
    else:
        return None, None
    except Exception as e:
        print(f"Error al emitir el certificado: {e}")

def consultar_datos_certificado(self, id_certificado_hash_str):
    id_certificado_hash = Web3.to_bytes(hexstr=id_certificado_hash_str)

    try:
        datos_certificado = self.contract.functions.consultarDatosCertificado(
            id_certificado_hash).call()
        return datos_certificado
    except Exception as e:
        print(f"Error al consultar el certificado: {e}")
        return None

def contar_certificados_validos(self):
    try:
        cantidad = self.contract.functions.contarCertificadosValidos().call()
        return cantidad
    except Exception as e:
        print(f"Error al contar los certificados válidos: {e}")
```



return None

Función para emitir certificados

```
def emitir_certificado_cursos():  
    if request.method == 'POST':  
        try:  
            id_curso = request.form.get('id_curso')  
            if id_curso:  
                curso_emitir = curso_service.find_curso_by_id(id_curso)  
                if not curso_emitir:  
                    flash('Curso no encontrado o inválido.', 'error')  
                    return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))  
  
                fecha_emision = datetime.now().strftime('%Y-%m-%d')  
  
                datos_curso = 'id_curso:' + id_curso + ' - Curso: ' +  
                curso_emitir.nombre + ' - Departamento: ' + \  
                curso_emitir.departamento + ' - Categoría: ' + curso_  
                emitir.categoria + \  
                ' - Periodo: ' + curso_emitir.periodo + ' - Duración: ' +  
                curso_emitir.duracion + \  
                ' - Fecha de emision: ' + fecha_emision  
  
                if curso_emitir.fecha_expiracion:  
                    datos_curso += ' - Fecha de expiración: ' + curso_emitir.  
                    fecha_expiracion  
  
                participantes = curso_emitir.participantes  
  
                for participante in participantes:  
                    if participante['Estado'] == 'espera' or participante['Estado']  
                    == 'fallido' or participante['Estado'] == 'pendiente':  
                        nombre = participante['Nombre']  
                        email = participante['Email']  
                        receptor = participante['Wallet']  
                        datos = datos_curso + ' - Participante: ' + nombre +  
                        ' - Email: ' + email  
                        try:  
                            certificado_id, tx_hash = certificado_service.emitir_  
                            certificado(  

```

receptor, datos)

except Exception as e:

```
    curso_service.update_participante_estado(  
        id_curso, participante['Cedula'], 'fallido')
```

```
    flash(  

```

```
        'Error al emitir el certificado. Por favor, intente  
        de nuevo. Consulte el saldo de la cuenta que esta emitiendo los  
        certificados', 'error')
```

```
    return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))
```

if certificado\_id:

```
    certificado_id = '0x' + certificado_id
```

```
    qr_example_img = qrcode.make(  

```

```
    URL_CONSULTA_CERTIFICADO + f' {certificado_  
    id}')
```

```
    qr_bytes_io = BytesIO()  

```

```
    qr_example_img.save(qr_bytes_io)  

```

```
    qr_bytes_io.seek(0)
```

```
    ruta_qr = base64.b64encode(  

```

```
        qr_bytes_io.read()).decode('utf-8')
```

```
    curso_datos = {  

```

```
        'id_curso': id_curso,  

```

```
        'nombre': curso_emitir.nombre,  

```

```
        'descripcion': curso_emitir.descripcion,  

```

```
        'departamento': curso_emitir.departamento,  

```

```
        'categoria': curso_emitir.categoria,  

```

```
        'periodo': curso_emitir.periodo,  

```

```
        'duracion': curso_emitir.duracion,  

```

```
        'firmantes': curso_emitir.firmantes_info  
    }
```

```
    if curso_emitir.fecha_expiracion:  

```

```
        curso_datos['fecha_expiracion'] = curso_emitir.  

```

```
        fecha_expiracion
```

```
participante_datos = {
    'Nombre': nombre,
    'Email': email
}

curso_service.update_participante_estado(
    id_curso, participante['Cedula'], 'emitido'
)

certificado_dao.guardar_ruta_certificado(
    certificado_id, ruta_qr, tx_hash, curso_datos,
    participante_datos, fecha_emision)

flash('Certificado emitido con éxito', 'success')

return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))
else:
    flash(
        'Error al emitir el certificado. Por favor, intente de
        nuevo.', 'error')
    return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))
except Exception as e:
    flash('Error al emitir el certificado. Por favor, intente de
    nuevo.', 'error')
    return redirect(url_for('.emitir_certificado_cursos'))

cursos_con_espera = []
cursos = curso_service.list_cursos()
for curso in cursos:
    for participante in curso['participantes']:
        if participante['Estado'] == 'espera':
            cursos_con_espera.append(curso)
            break

return render_template('emitir_certificado_cursos.html',
cursos=cursos_con_espera)
```

## Referencias bibliográficas

Ali, A. A. M. A., Mabrouk, M., & Zrigui, M. (2022). A Review: Blockchain Technology Applications in the Field of Higher Education. *Journal of Hunan University Natural Sciences*, 49(10), 88–99. <https://doi.org/10.55463/issn.1674-2974.49.10.10>

Anwar, A. S., Rahardja, U., Prawiyogi, A. G., Santoso, N. P. L., & Maulana, S. (2021). iLearning Model Approach in Creating Blockchain Based Higher Education Trust. *International Journal of Artificial Intelligence Research*, 6(1). <https://doi.org/10.29099/ijair.v6i1.258>

Ayub Khan, A., Laghari, A. A., Shaikh, A. A., Bourouis, S., Mamlouk, A. M., & Alshazly, H. (2021). Educational Blockchain: A Secure Degree Attestation and Verification Traceability Architecture for Higher Education Commission. *Applied Sciences*, 11(22), 10917. <https://doi.org/10.3390/app112210917>

Barquero Morales, W. G. (2022). Prism analysis as a methodology for systematic review: A general approach. *Saúde em Redes*, 8(sup1), 339–360. <https://doi.org/10.18310/2446-4813.2022v8nsup1p339-360>

Castro, R. Q., & Au-Yong-Oliveira, M. (2021). Blockchain and Higher Education Diplomas. *European Journal of Investigation in Health, Psychology and Education*, 11(1), 154–167. <https://doi.org/10.3390/ejihpe11010013>

Demirbaş, D., & İncekara, A. (2020). The Role of Blockchain in The COVID-19 Pandemic. *The COVID-19 Pandemic and Its Economic, Social, and Political Impacts*, 27. <https://doi.org/10.26650/B/SS46.2020.006.03>

Ghaffar, A., & Hussain, M. (2019). BCEAP - A Blockchain Embedded Academic Paradigm to Augment Legacy Education through Application. *Proceedings of the 3rd International Conference on Future Networks and Distributed Systems*, 1–11. <https://doi.org/10.1145/3341325.3342036>

Jaramillo, M. P., & Piedra, N. (2020). A blockchain model proposal for the decentralized management of academic credentials in Ecuadorian universities. *2020 9th International Conference On Software Process Improvement (CIMPS)*, 94–102. <https://doi.org/10.1109/CIMPS52057.2020.9390104>

Jaramillo, M. P., & Piedra, N. (2021). Un marco de trabajo basado en tecnología blockchain para mejorar la trazabilidad y la confianza en el intercambio de información entre Instituciones de Educación Superior. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*, 41(03), 97–111. <https://doi.org/10.17013/risti.41.97-111>

Krichen, M., Ammi, M., Mihoub, A., & Almutiq, M. (2022). Blockchain for Modern Applications: A Survey. *Sensors*, 22(14), 5274. <https://doi.org/10.3390/s22145274>

Lizama-Perez, L. A., & López R., J. M. (2021). Non-Invertible Public Key Certificates. *Entropy*, 23(2), 226. <https://doi.org/10.3390/e23020226>

Lutfiani, N., Apriani, D., Nabila, E., & Lutfilah, H. (2022). Academic Certificate Fraud Detection System Framework Using Blockchain Technology. *Blockchain Frontier*





*Technology*, 1(2), 55–64. <https://doi.org/10.34306/bfront.v1i2.55>

Mahamatov, N., Kuvnakov, A., & Yokubov, B. (2020). Application of Blockchain Technology in Higher Education. 2020 *International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT)*, 1–6. <https://doi.org/10.1109/ICISCT50599.2020.9351424>

Manjunatha, M., & Usha, J. (2023). CERTIFICATE VALIDATION USING BLOCKCHAIN TECHNOLOGY. *International Research Journal of Modernization in Engineering Technology and Science*, 5, 1481–1485. <https://www.doi.org/10.56726/IRJMETS44801>

Morales Carrillo, J. J., Cedeño Valarezo, L. C., Pinargote Bravo, V. J., Cajape Bravo, J. S., & Ormaza Calderón, J. G. (2023). Aplicación multiplataforma de modelo computacional predictivo. *Informática y Sistemas: Revista de Tecnologías de la Informática y las Comunicaciones*, 7(2). <https://doi.org/10.33936/isrtic.v7i2.5832>

Rahardja, U., Hidayanto, A. N., Putra, P. O. H., & Hardini, M. (2021). Immutable Ubiquitous Digital Certificate Authentication Using Blockchain Protocol. *Journal of Applied Research and Technology*, 19(4), 308–321. <https://doi.org/10.22201/icat.24486736e.2021.19.4.1046>

Ramos, C. R. D. S., & Queiroz, M. M. (2022). Blockchain in education: The influence of trust on adoption and implementation. *RAUSP Management Journal*, 57(3), 316–331. <https://doi.org/10.1108/RAUSP-06-2021-0097>

Rodríguez López, M. A., Becerra Auz, A. F., & Ulloa Meneses, L. J. (2023). Aplicación de realidad aumentada como herramienta de apoyo para el aprendizaje del idioma inglés. *Revista Cognosis*, 8(1), 55–66. <https://doi.org/10.33936/cognosis.v8i1.5518>

Calculadora y conversor de criptomonedas Coinbase. (2024). @Coinbase. <https://www.coinbase.com/es/convertir>