

Mejoramiento de la seguridad en las elecciones de la Universidad de Córdoba mediante un sistema de votaciones basado en tecnología Blockchain

Improving the security of elections at the university of Cordoba through a voting system based on Blockchain technology.

Anuar David Gómez-Quiroga**
Brayan Steven Jiménez-Ruiz***
Daniel José Salas-Álvarez****

Recibido: abril 6 de 2023 - Evaluado: abril 19 de 2023 - Aceptado: noviembre 25 de 2023

Para citar este artículo / To cite this Article

A. Gómez-Quiroga, B. Jiménez-Ruiz, D. Salas-Álvarez, “mejoramiento de la seguridad en las elecciones de la Universidad de Córdoba mediante un sistema de votaciones basado en tecnología Blockchain” Revista de Ingenierías Interfaces, vol. 6, no. 2, pp.1-15, 2023.

Resumen

El propósito de esta investigación fue mejorar la seguridad, transparencia y accesibilidad del proceso electoral para un sistema de votación electrónica en las elecciones de representantes estudiantiles de la Universidad de Córdoba, mediante la implementación de tecnologías Blockchain. Se siguió un proceso metodológico que incluyó las siguientes fases: análisis de la normatividad de las elecciones, la especificación de requisitos necesarios, la exploración y selección de aquellas herramientas necesarias para la construcción del software utilizando Vue.js, MySQL, y tecnología Blockchain basada en Contratos inteligentes en la red de Ethereum, y finalmente como última fase, se diseñó y desarrolló el sistema de votación electrónica. El trabajo buscaba demostrar la confiabilidad y utilidad de la votación electrónica en un contexto universitario, supliendo los problemas asociados con los métodos tradicionales de votación electoral al aminorar riesgos de fraude o manipulación de resultados, gracias a las tecnologías Blockchain.

*Artículo inédito: “Mejoramiento de la seguridad en las elecciones de la Universidad de Córdoba mediante un sistema de votaciones basado en tecnología Blockchain”.

**Ingeniero de Sistemas, Universidad de Córdoba, agomezquiroya77@correo.unicordoba.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0009-0006-1747-1476>, Montería, Colombia.

***Ingeniero de Sistemas, Universidad de Córdoba, bjimenezruiz53@correo.unicordoba.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-4751-9751>, Montería, Colombia.

****Ingeniero de Sistemas, Universidad de Córdoba, danielsalas@correo.unicordoba.edu.co, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7097-7883>, Montería, Colombia.

Como resultante se destacan tres niveles cruciales de seguridad para garantizar la integridad del proceso electoral: una autenticación mediante validación de email, encriptación AES y bcrypt en la base de datos para proteger datos sensibles, y la implementación de Blockchain para asegurar la inmutabilidad de los votos, preservar la privacidad del votante y proporcionar transparencia en el proceso electoral. Estas medidas combinadas garantizan un alto estándar de seguridad y confidencialidad. Finalmente, en cuanto a los resultados respecto a las pruebas, se realizó una encuesta digital para reunir información valiosa sobre la opinión de los estudiantes con respecto a la experiencia y seguridad sobre el sistema de votación electrónica.

Palabras clave: Elecciones, Voto Electrónico, Seguridad, Blockchain, Contratos Inteligentes.

Abstract

The purpose of this research was to improve the security, transparency and accessibility of the electoral process for an electronic voting system in the elections of student representatives at the University of Cordoba, through the implementation of Blockchain technologies. A methodological process was followed that included the following phases: analysis of the election regulations, the specification of necessary requirements, the exploration and selection of those tools necessary for the construction of the software using Vue.js, MySQL, and Blockchain technology based on Smart Contracts in the Ethereum network, and finally as the last phase, the electronic voting system was designed and developed. The work sought to demonstrate the reliability and usefulness of e-voting in a university context, overcoming the problems associated with traditional methods of electoral voting by reducing the risks of fraud or manipulation of results, thanks to Blockchain technologies. As a result, three crucial levels of security are highlighted to guarantee the integrity of the electoral process: an authentication through email validation, AES and bcrypt encryption in the database to protect sensitive data, and the implementation of Blockchain to ensure the immutability of votes, preserve voter privacy and provide transparency in the electoral process. These combined measures guarantee a high standard of security and confidentiality. Finally, as for the results regarding the tests, a digital survey was conducted to gather valuable information about the students' opinion regarding the experience and security about the electronic voting system.

Keywords: Elections, E-Voting, Security, Blockchain, Smart Contracts.

1. Introducción

Actualmente se presenta una tendencia creciente hacia la digitalización en muchos aspectos de la vida cotidiana, sin embargo, los sistemas de votación electoral siguen utilizando métodos tradicionales basados en papel. El voto electrónico, por otro lado, presenta ventajas sobre los sistemas de votación tradicionales, destacándose principalmente en términos de costos operativos, la reducción de errores humanos y la obtención de resultados más rápidos. Además, los avances en el voto electrónico aumentan particularmente la participación de los votantes debido a la accesibilidad de las personas mayores, discapacitadas y jóvenes reticentes [1] (citado en [2]). Asimismo, los votantes que viven en el extranjero pueden

participar más fácilmente en la votación, también se reducen costos como la impresión y el recuento de votos [3] (citado en [2]).

Los principales problemas que a menudo se encuentran en las elecciones tradicionales, son el fraude que ocurre a menudo y la gran cantidad de dinero que requieren realizarse, por lo que se necesita un nuevo método para resolver este problema, concretamente mediante el uso de un sistema de votación digital o voto electrónico [4]. Sin embargo, los sistemas de voto electrónico pueden ser susceptibles a la manipulación, lo que significa que los resultados de las elecciones pueden ser alterados debido a piratería informática o incluso por quienes diseñan el sistema de votación. Los sistemas que dependen de una red centralizada a menudo originan fuentes de datos controladas por una entidad que tiene el poder de almacenar y gestionar esos datos [5]. Debido a esto afrontan retos como; la autenticación, la privacidad, la integridad de los datos, la transparencia y la verificabilidad. Aun así, muchos de estos retos se solucionan gracias a la tecnología Blockchain desarrollada hace más de 10 años [6]. Esta tecnología puede desempeñar un papel fundamental en el ámbito de la votación electrónica debido a la naturaleza inherente de preservar el anonimato, manteniendo un registro de transacciones descentralizado y accesible públicamente en todos los nodos. Esta característica hace que la tecnología Blockchain sea altamente eficaz en la lucha contra la posibilidad de reutilizar un token de votación y cualquier intento de influir en la transparencia de los resultados [7].

En este trabajo se utiliza la red Blockchain Ethereum, que permite a los usuarios crear nuevas aplicaciones descentralizadas que ejecuta un código de programación denominado contrato inteligente. Esto facilita el intercambio de fondos, información y contenido a través de la creación, implementación y operación de aplicaciones de software descentralizadas basadas en la tecnología de Blockchain [8]. El código también es descentralizado, siempre se despliega como parte de una transacción y no puede ser alterado; es inmutable. Además, al haber sido registrado en la cadena de bloques, puede ser accesible para cualquier usuario, garantizando una total transparencia [9].

El propósito del trabajo radica en hacer uso de estas tecnologías para el desarrollo de un software de votación electrónica, en este caso para representantes estudiantiles de la Universidad de Córdoba, y comprobar la fiabilidad que pueda generar el uso de este entre los implicados para un proceso de votación electoral.

2. Materiales y Métodos

El sistema de votación electrónica propuesto se diseñó y desarrolló empleando herramientas tecnológicas tanto de frontend como de backend, además de una estructura de tecnología Blockchain con el fin de garantizar la seguridad y transparencia de las elecciones universitarias.

Frontend

Se utilizó el framework Vue.js, un popular framework de JavaScript que facilita la construcción de aplicaciones web interactivas, para la creación de la interfaz de usuario del

sistema de votación. Además, se utilizó Vuetify, una librería de componentes para Vue.js, con el propósito de crear una interfaz atractiva y fácil de usar. En cuanto a la presentación de alertas y notificaciones al usuario para mejorar la experiencia durante el proceso de votación, se hizo uso de Sweetalert2.

Backend

En el lado del servidor, se creó una base de datos para almacenar el censo de administradores y estudiantes que participarán en el proceso electoral. Se utilizó MySQL, un sistema de gestión de bases de datos relacional, para administrar y almacenar esta información, y con el uso del framework ExpressJs para la conexión a la base de datos. Adicionalmente, se utilizó la tecnología Blockchain para administrar los procesos de votación y garantizar que los resultados permanezcan inmutables.

Tecnología Blockchain

La tecnología Blockchain implementada es Ethereum, esta al igual que un sistema operativo, puede permitir que programas de aplicaciones independientes, llamados contratos inteligentes, sean registrados y ejecutados, los usuarios pueden ejecutar estos contratos y los resultados de la ejecución también se registran de forma segura [10].

Un contrato inteligente o del inglés smart contract, es una pieza de código que automáticamente hace respetar los términos entre las partes, es decir, el software y la red Blockchain, minimizando de esta forma la participación de terceros, estos contratos inteligentes desplegados en una red con tecnología Blockchain garantizan la transparencia y la seguridad de la información [11]. Para esto, se utilizó el framework Hardhat, un entorno de desarrollo para el software Ethereum que consta de diferentes componentes para editar, compilar, depurar e implementar contratos inteligentes y dApps, los cuales trabajan juntos para crear un entorno de desarrollo completo [12]. Este framework simplifica la creación de contratos inteligentes y proporciona un entorno de desarrollo amigable.

Los contratos inteligentes se crearon en el lenguaje Solidity, un lenguaje orientado a objetos de alto nivel utilizado para implementar contratos inteligentes. Estos contratos inteligentes son programas que regulan el comportamiento de cuentas dentro del estado de Ethereum [13]. Los contratos se desplegaron en una red de prueba, los desarrolladores de clientes mantienen dos redes de prueba públicas para la cadena de Ethereum: Sepolia y Goerli. Sepolia es una red destinada a desarrolladores de contratos y aplicaciones para probar sus aplicaciones. La red Goerli permite a los desarrolladores de protocolos probar actualizaciones de red y permite a los validadores en funcionamiento probar staking [14]

Otras herramientas clave en el desarrollo del sistema fue Infura, debido a que es el conjunto de API de cadena de bloques y herramientas para desarrolladores de alta disponibilidad más potente del mundo. Infura reúne todo lo que se necesita para comenzar a construir en Web3, con sistemas infinitamente escalables y documentación excepcional [15]. Se empleó para acceder a la red Ethereum sin necesidad de ejecutar un nodo completo, simplificando la

interacción con la Blockchain. Metamask, por otro lado, proporciona una billetera Ethereum que permite a los usuarios participar en el proceso electoral de manera conveniente y segura, al administrador. MetaMask ofrece la forma más sencilla pero a la vez segura de conectarse a aplicaciones basadas en Blockchain. Siempre tienes el control al interactuar en la nueva web descentralizada. [16]

Estas tecnologías y herramientas se combinaron para crear un sistema de votación basado en tecnología Blockchain sobre una red de prueba de Ethereum, buscando garantizar la seguridad, la transparencia y la integridad en el proceso electoral de la Universidad de Córdoba.

Metodología.

En esta investigación se utilizó una estructura metodológica organizada en diversas fases, representadas de tal forma para abordar de manera sistemática los objetivos planteados. Realizar la división en fases permite una comprensión progresiva del proceso de estudio, planificación y diseño, hasta una interpretación de resultados.

Fase 1. Análisis de la Normatividad

Se realiza un estudio del reglamento establecido por la Universidad de Córdoba para las elecciones de representantes estudiantiles. Con el objetivo de conocer su estructura y los principales requisitos que necesita un estudiante para ser elegido representante estudiantil.

Fase 2. Especificación de requisitos

Siguiendo las directrices del reglamento, se detallan los requisitos esenciales para el desarrollo de un sistema de votación electrónica basado en tecnología Blockchain, con la finalidad de fortalecer la seguridad en las elecciones de representantes estudiantiles en aspectos claves como la verificación en la accesibilidad, la protección de los datos y registros de votos.

Fase 3. Exploración y selección de herramientas

Con el fin de realizar todos los requisitos establecidos, se estudian varias herramientas de desarrollo que faciliten la creación de la aplicación de una forma que sea susceptible a actualizaciones y ahorre costos de producción. Para esto, en el lado cliente se utilizó el framework de Vue 3, el cual permite llevar una estructura de uso de componentes, routers y

vistas (MVVM). También se estudia el uso del framework que es complemento de Vue, el cual contiene una gran variedad de componentes como lo es Vuetify.

En el lado del servidor se tiene dos estructuras, la primera permitirá la persistencia de los datos de registro como los usuarios del censo, las convocatorias y elecciones. En ella, se hace uso del framework ExpressJS y como gestor de base de datos MySQL. Por otro lado, para garantizar la seguridad de los votos se hace uso de la Blockchain, se creó un contrato inteligente en la red de Blockchain de Ethereum Sepolia, mediante el framework Hardhat con base en el lenguaje Solidity. El contrato permite crear la estructura necesaria para el proceso de votación y mediante de los servicios que ofrece Infura es posible utilizar el contrato desde el lado cliente usando el framework de ether, puesto que este permite conectar el sistema a la red Blockchain donde se almacenan los datos.

Fase 4. Diseño y Desarrollo

En la implementación del diseño se utilizó la metodología URP (User Requirement Phase o Fase de Requisitos del Usuario) la cual es una parte crucial para comprender cómo se iba a desarrollar el software. Mediante este enfoque, se emplearon diversos diagramas para describir de manera gráfica las diferentes funcionalidades del software.

El desarrollo del software cuenta con un enfoque innovador al implementar dos estructuras de backend diferentes. En la primera, se opta por usar una base de datos centralizada para gestionar datos críticos y almacenar información necesaria para el funcionamiento básico del sistema.

En paralelo, se integra una red Blockchain para almacenar de forma segura y transparente los votos, garantizando la inmutabilidad y la integridad de los datos electorales. Para la interfaz de usuario, se diseñaron las vistas en el frontend, proporcionando una experiencia intuitiva y atractiva para los usuarios. Además, se estableció un eficiente consumo de las APIs para asegurar la comunicación óptima entre el frontend y ambas estructuras de backend, permitiendo una aplicación robusta y escalable.

3. Resultados

Arquitectura del sistema de votación

A continuación, se presenta la arquitectura del sistema de votación electrónica que incorpora los componentes y las fases, con las vistas de funcionalidades del software desde la perspectiva del usuario que participa en el proceso de votación:

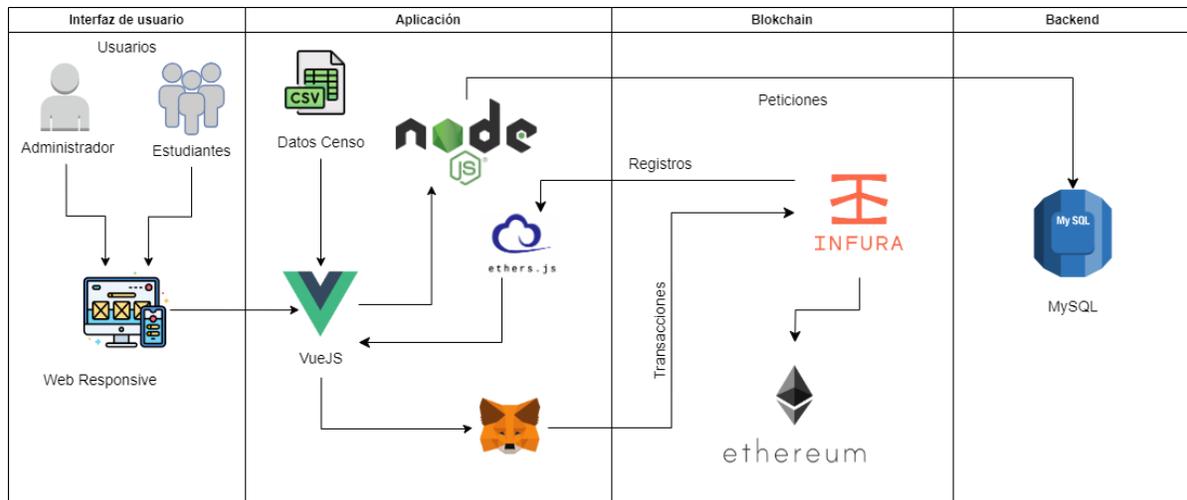


Figura 1. Diseño Arquitectónico: Representación gráfica de las herramientas usadas para la realización del sistema.

Fuente: Autores.

Funcionalidades del sistema de votación.

La figura 2 presenta las funcionalidades esenciales del sistema de votación a través de un diagrama de casos de uso. El diagrama proporcionará una representación visual clara de las operaciones que el sistema puede realizar y cómo interactúan con los usuarios.

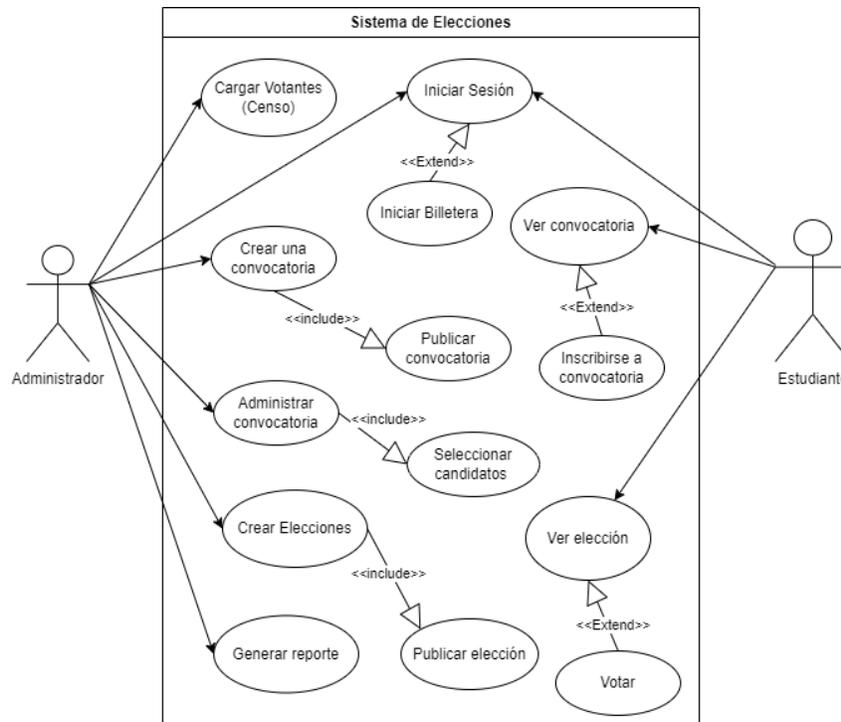


Figura 2. Diagrama Casos de Uso: Representación de las funcionalidades del sistema con base en cada rol del usuario.

Fuente: Autores.

Seguridad.

En este trabajo, se destacan tres niveles de seguridad fundamentales que se consideran relevantes en esta investigación, como aspectos clave para garantizar la integridad del proceso electoral.

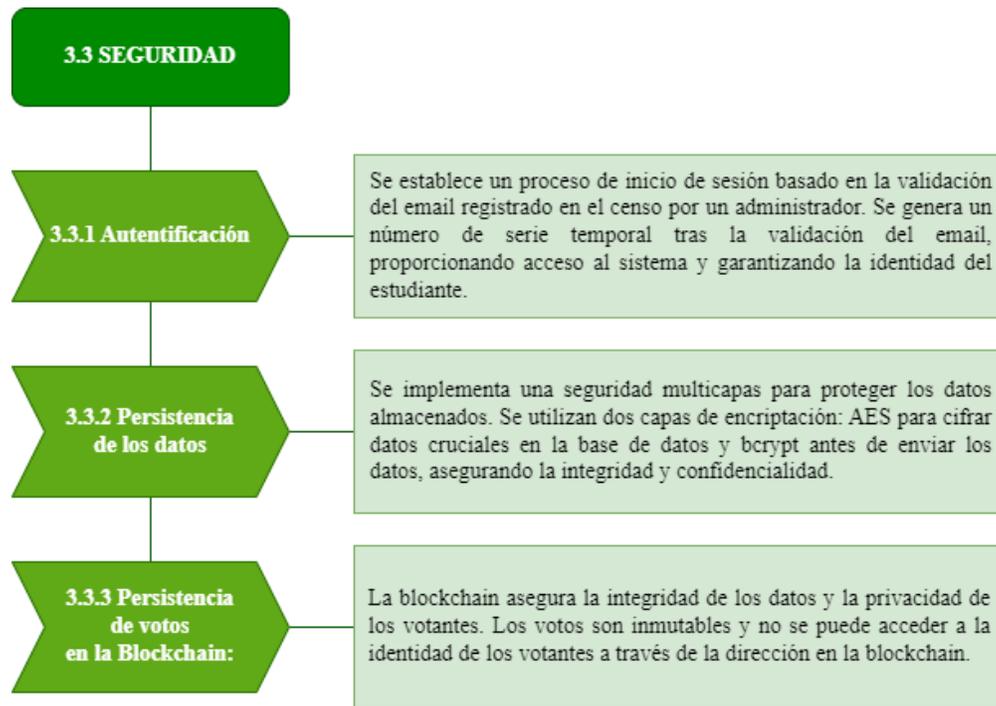


Figura 3. ESQUEMA DE SEGURIDAD: Representación esquematizada del mejoramiento de la seguridad en el sistema.

Fuente: Autores.

Como se ilustra en la Tabla I tras emitir el voto se genera la "Transaction Hash" que permite al votante confirmar que su voto ha sido registrado adecuadamente en la red.

Tabla I. Ejemplo de transacciones creadas por votar.

| Transaction Hash | Block | From | To | Value (Txn Fee) |
|------------------|---------|------------------|------------------|-----------------|
| 0x6c4550c60f... | 4369105 | 0x57D4e...aF768E | 0xF9B8b...4db497 | 0.00611118 |
| 0xbe38da1c4e... | 4204671 | 0xbD18...044e7e | 0xF9B8b...4db497 | 0.00015015 |

Fuente: sepolia.etherscan.io

Lamentablemente se presentan algunos riesgos de seguridad para tener en cuenta, debido a que se utiliza una red de Blockchain pública y de prueba, cualquier usuario puede unirse a la

red y participar de manera externa a la aplicación si conoce la información del contrato. Una posible solución a esto es cambiar la estructura del contrato para que sea más robusto y/o hacer uso de otra red Blockchain como la red privada, donde los usuarios y los nodos necesitan permiso para unirse a la red.

Pruebas del software.

En esta etapa, se procede a validar y evaluar el sistema de votación electrónica, fundamentado en la tecnología Blockchain. Los candidatos de prueba en este contexto son los estudiantes de la Universidad de Córdoba, con el propósito de simular un proceso electoral y evaluar la funcionalidad del sistema en esta situación. El objetivo principal de esta fase es permitir a los estudiantes participar en el proceso de votación simulada para una elección, proporcionando así una perspectiva sobre la operatividad y la eficiencia del sistema de votación basado en Blockchain.

Para esto, se mide la satisfacción de los usuarios y su percepción sobre la seguridad del sistema de votación desarrollado, mediante el uso de un cuestionario digital con la finalidad de recoger información valiosa sobre la opinión de los estudiantes con respecto a la experiencia y seguridad que les brindó el sistema de votación electrónica.

La muestra recolectada es de 24 estudiantes que se escogieron aleatoriamente en el alma mater. Los datos demográficos de la encuesta muestran el rango de la edad de los estudiantes que hicieron uso del sistema, este rango está entre los 17 a 23 años como se puede ver en la figura 4. La moda de los datos es 20, la media de las edades es 21 y se tiene una desviación estándar de 1.444 que indica la dispersión de las edades respecto a la media.

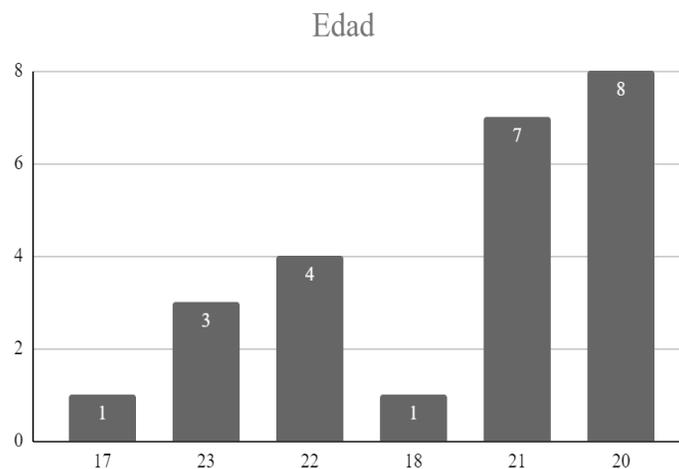


Figura 4. Gráfico edad: Representación gráfica de la edad de los estudiantes encuestados.
Fuente: Autores.

Otro aspecto que se muestra en los resultados de la encuesta es que hay variedad en los programas a los que pertenecen los estudiantes, siendo de la carrera de Lic. en Informática la más participe como se observa en la figura 5.

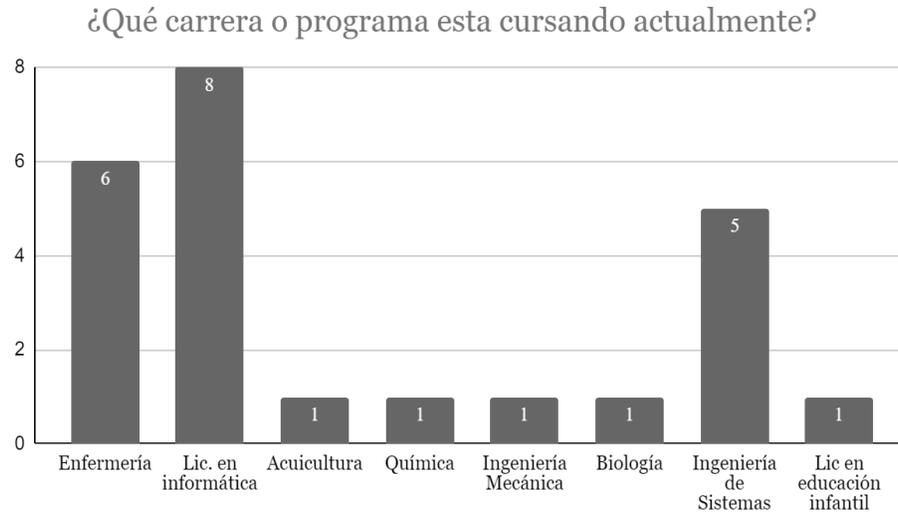


Figura 5. Gráfico programas: Representación gráfica del programa al que pertenecen los estudiantes encuestados.

Fuente: Autores.

Entrando en materia con los resultados respecto al sistema de votación electrónica con Blockchain, se plantean diferentes incisos donde se califica el software según la perspectiva del encuestado. La figura 6 representa los resultados de satisfacción con base en el uso general del sistema calificándolo con un rango de satisfacción entre “muy satisfactorio” y “muy insatisfactorio”.

1. ¿Cómo calificaría su experiencia general al usar la aplicación de votación basada en tecnología Blockchain de elecciones estudiantiles de la Universidad de Córdoba?

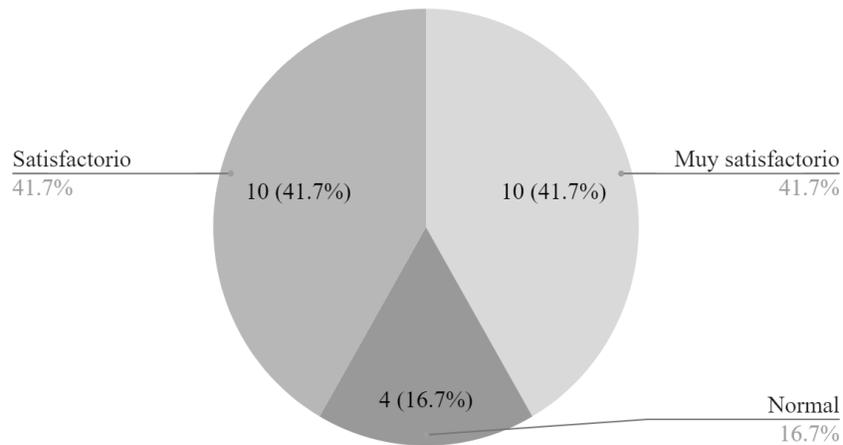


Figura 6. Gráfico satisfacción: Representación gráfica de la perspectiva que tienen los encuestados sobre el sistema desarrollado.

Fuente: Autores.

De la figura 6 se aprecia que el 83.3% de los estudiantes reportaron haber tenido una buena experiencia al utilizar el sistema de votación electrónica. Para la mitad de este grupo, su experiencia fue calificada como "satisfactoria", mientras que, para la otra mitad, fue

considerada como "muy satisfactoria". El 16.7% restante calificaron su experiencia con el sistema como "normal". Este resultado sugiere una recepción mayoritariamente favorable del sistema de votación electrónica entre los estudiantes, lo que apunta a su eficacia y usabilidad.

Con el fin de conocer si los encuestados reconocen la tecnología Blockchain, se establece un inciso por el cual se obtuvo los resultados que se muestran en la figura 7.

2. ¿Has escuchado el término "Blockchain" en anteriores ocasiones?

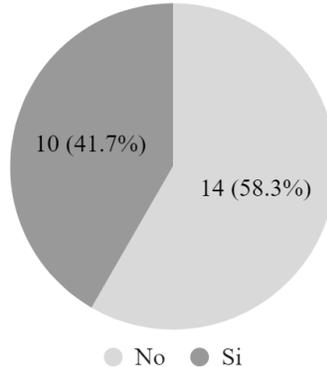


Figura 7. Gráfico Conocimiento Blockchain: Representación gráfica del conocimiento de los encuestados con respecto al término "Blockchain".

Fuente: Autores.

De la figura 7 se observa que el 58.3% de los encuestados desconoce o nunca ha escuchado sobre el término Blockchain y el otro 41.7% que reconocen la tecnología comentan que la conocen por ser una red que almacena la información de forma segura y de fácil acceso. Por otro lado, relacionan este término con las criptomonedas e implementaciones en empresas de redes sociales o empresas financieras.

De los encuestados que conocen el término de Blockchain, la mitad de estos desconocía que esta se pudiera implementar en un sistema de votación electrónica como se muestra en la figura 8.

6. ¿Sabía usted que esta tecnología tiene aplicación para el campo de votaciones electrónicas?

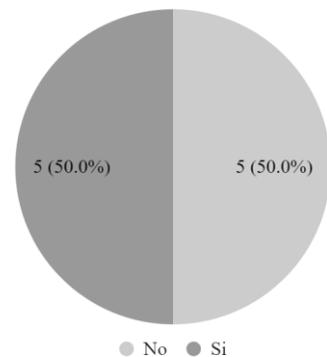


Figura 8. Gráfico Conocimiento Blockchain en Sistemas De Votación: Representación gráfica del conocimiento de los encuestados con respecto al uso de la tecnología Blockchain en un sistema de votación electrónica.

Fuente: Elaboración propia, 2023

Para el siguiente análisis se contextualiza sobre Blockchain, con el siguiente concepto “La tecnología Blockchain es una red segura en donde la información registrada se almacena en diferentes bloques encriptados, donde esta información no puede ser cambiada o borrada una vez se han guardado en cada bloque”. Esto con el fin de conocer el punto de vista de los encuestados se califica de “muy bueno”, “bueno”, “igual”, “malo” o “indiferente” con respecto al uso de esta tecnología en un sistema de votación.

3. ¿Cómo le parece esta implementación en el sistema de votación?

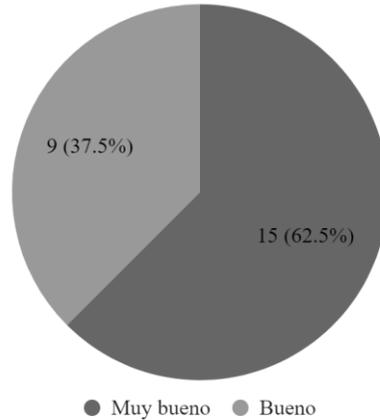


Figura 9. Gráfico Calificación De Implementación De Blockchain: Representación gráfica de la calificación de la implementación de Blockchain en el sistema de votación.

Fuente: Elaboración propia, 2023

En la figura 9 se evidencia que la calificación más alta dada por los estudiantes encuestados es “Muy Bueno” con el 62.5%, lo que indica que es una buena estrategia para asegurar la transparencia y confidencialidad de las elecciones.

Por último, se hace un análisis de comparación entre los métodos de votación tradicionales y el sistema de votación desarrollado, esto con el propósito de determinar las perspectivas obtenidas de los encuestados.

4. ¿En comparación con los métodos de votación tradicionales, qué tan efectiva cree que fue esta aplicación para mejorar la seguridad y la integridad de las elecciones estudiantiles?

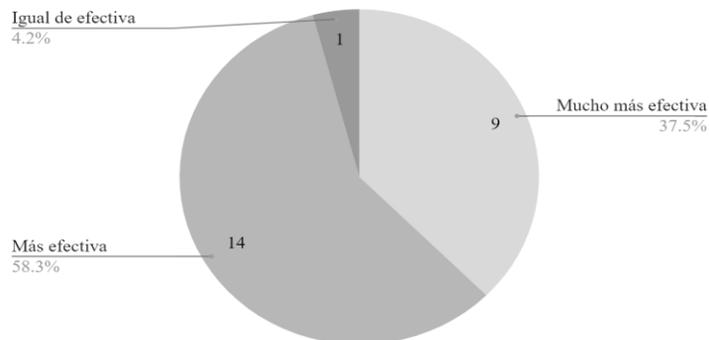


Figura 10. Gráfico De Efectividad: Representación gráfica de la efectividad del sistema de votación desarrollado con respecto a los métodos tradicionales.

Fuente: Elaboración propia, 2023

En la figura 10 se observa que el 58.3% de los participantes la consideraron "más efectiva", mientras que un 37.5% la calificó como "mucho más efectiva" y solo un 4.2% como "igual de efectiva". Esto sugiere que la mayoría de los encuestados perciben la Blockchain como una solución efectiva para abordar los desafíos relacionados con la seguridad y la integridad en el proceso de elección estudiantil.

Conclusiones

En esta investigación se evidencia el mejoramiento de la seguridad en las elecciones de la Universidad de Córdoba mediante un Sistema de Votación basado en Tecnología Blockchain, se ha analizado la arquitectura del sistema de votación y sus funcionalidades. La arquitectura se ha diseñado cuidadosamente, utilizando herramientas modernas para proporcionar una base sólida y una experiencia de usuario amigable. Además, se ha presentado un diagrama de casos de uso que demuestra las funcionalidades del sistema para una buena comprensión de los implicados en el sistema.

La seguridad es un aspecto crucial en cualquier proceso electoral, y se han destacado tres niveles fundamentales para garantizar la integridad del proceso. Primero, se ha implementado un proceso de autenticación que requiere la verificación del email registrado en el censo, proporcionando una capa adicional de seguridad para el acceso al sistema. Además, se han aplicado dos niveles de encriptación a los datos almacenados en la base de datos, utilizando el algoritmo AES para cifrar información crucial, como los datos del estudiante y las direcciones de billetera enlazada, junto con bcrypt para garantizar la irreversibilidad de los datos. Esta combinación de medidas mantiene la integridad y la confidencialidad tanto en reposo como en tránsito, cumpliendo con altos estándares de seguridad y privacidad. En último lugar, la tecnología Blockchain asegura la inmutabilidad de los datos de votación, evitando su modificación o eliminación, al mismo tiempo que garantiza la privacidad de los votantes. La generación de un "Transaction Hash" permite a los votantes verificar la adecuada inscripción de sus votos, lo que proporciona transparencia al proceso. En conjunto, estos niveles de seguridad y la utilización de la Blockchain contribuyen a la creación de un sistema de votación robusto y confiable en la Universidad de Córdoba.

Se han realizado pruebas del software con estudiantes de la Universidad de Córdoba para evaluar la experiencia y la seguridad percibida por los usuarios. Los resultados indican que la mayoría de los estudiantes tuvieron una experiencia satisfactoria o muy satisfactoria con el sistema de votación basado en Blockchain, respaldando así su eficacia y usabilidad. Estos hallazgos sugieren que la implementación de este sistema podría ser bien recibida por la comunidad estudiantil.

Es importante destacar que parte de la población encuestada no estaba familiarizada con la tecnología Blockchain, lo que sugiere la importancia de la educación sobre esta tecnología. Sin embargo, aquellos que sí la conocían la consideraban una herramienta valiosa para garantizar la transparencia y la confidencialidad en el proceso de votación. Además, los resultados de la encuesta indican que la mayoría de los participantes consideran que el sistema de votación basado en Blockchain es más efectivo que los métodos tradicionales de votación. Esto respalda la idea de que los estudiantes ven un valor claro en la implementación

de esta tecnología para mejorar la seguridad y la integridad en el proceso de elección estudiantil.

Referencias

- [1] S. Nevo y H. Kim, “How to compare and analyse risks of internet voting versus other modes of voting”, 2006.
- [2] R. Taş y Ö. Ö. Tanrıöver, “A systematic review of challenges and opportunities of blockchain for e-voting”, *Symmetry*, vol. 12, núm. 8. MDPI AG, pp. 1–24, el 1 de agosto de 2020. doi: 10.3390/sym12081328.
- [3] W. Bokslag y M. de Vries, “Evaluating e-voting: theory and practice”, feb. 2016, [En línea]. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1602.02509>
- [4] S. Alam, M. Zainal, y J. Mahendra, “KLIK: Kajian Ilmiah Informatika dan Komputer Perancangan Aplikasi E-Voting Berbasis Sidik Jari”, *Media Online*, vol. 3, núm. 5, pp. 516–522, 2023, [En línea]. Disponible en: <https://djournal.com/klik>
- [5] A. Singh y K. Chatterjee, “SecEVS : SSecure electronic voting system using blockchain technology”, en *2018 International Conference on Computing, Power and Communication Technologies, GUCON 2018*, 2019. doi: 10.1109/GUCON.2018.8675008.
- [6] M. Pawlak y A. Poniszewska-Marańda, “Trends in blockchain-based electronic voting systems”, *Inf Process Manag*, vol. 58, núm. 4, 2021, doi: 10.1016/j.ipm.2021.102595.
- [7] K. M. Khan, J. Arshad, y M. M. Khan, “Secure digital voting system based on blockchain technology”, *International Journal of Electronic Government Research*, vol. 14, núm. 1, 2018, doi: 10.4018/IJEGR.2018010103.
- [8] R. Jabbar, M. Kharbeche, K. Al-Khalifa, M. Krichen, y A. K. Barkaoui, “Blockchain for the internet of vehicles: A decentralized IoT solution for vehicles communication using ethereum”, *Sensors (Switzerland)*, vol. 20, núm. 14, 2020, doi: 10.3390/s20143928.
- [9] A. R. Salas, “Estudio sobre Smart Contracts en Ethereum”, Carlos III de Madrid, Leganés, febrero de 2019.
- [10] M. Yano, C. Dai, K. Masuda, y Y. Kishimoto, “Economics, Law, and Institutions in Asia Pacific Blockchain and Crypt Currency Building a High Quality Marketplace for Crypt Data”. [En línea]. Disponible en: <http://www.springer.com/series/13451>
- [11] W. Soto, “Smart Contract for Requirements Management in Software Development”, *RISTI - Revista Iberica de Sistemas e Tecnologias de Informacao*, vol. 2023, núm. 49, pp. 147–160, 2023, doi: 10.17013/risti.49.147-160.

[12] “Documentation”, Hardhat.org. [En línea]. Disponible en: <https://hardhat.org/docs>. [Consultado: 24-sep-2023].

[13] “Solidity — solidity 0.8.21 documentation”, Soliditylang.org. [En línea]. Disponible en: <https://docs.soliditylang.org/en/v0.8.21/>. [Consultado: 10-oct-2023].

[14] J. M. Kemp, “Enabling Security Analysis and Education of the Ethereum Platform: A Network Traffic Dissection Tool”, James Madison University, Harrisonburg, Virginia, 2023.

[15] “Frequently Asked Questions (FAQs)”, Infura.io. [En línea]. Disponible en: <https://www.infura.io/faucet/sepolia>. [Consultado: 25-sep-2023].

[16] “The crypto wallet for Defi, Web3 Dapps and NFTs”, Metamask.io. [En línea]. Disponible en: <https://metamask.io>. [Consultado: 10-oct-2023].