

Blockchain aplicada a voto electrónico

Miguel Fretes¹, Shirley Monges² y Marcos Jara³

Facultad Politécnica, Universidad Nacional del Este

Ciudad del Este, Paraguay

¹miguel.fretes.010@gmail.com, ²shirmonges@gmail.com, ³adrianjara@gmail.com

Resumen

El objetivo principal del presente trabajo es implementar una aplicación web dentro de la red *blockchain* para proceso electoral vía voto electrónico. La aplicación fue sometida a prueba a través de una simulación de elección de representante estudiantil ante el Consejo Directivo de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este (FPUNE). Con esta aplicación se pretende reducir el tiempo de conteo, afianzar la transparencia de los resultados, y contribuir a preservar el medio ambiente con la disminución del uso de papeletas físicas. Participaron de la puesta diez estudiantes de la institución, quienes accedieron al sistema de votación electrónica mediante el enlace facilitado. La prueba produjo resultado satisfactorio, lo cual fue reafirmado por medio de un sondeo a los participantes. La aplicación de red de *blockchain* elaborada puede ser fácilmente adecuada para su aplicación en otras instancias eleccionarias, tanto en el ámbito público como privado.

Descriptores: *blockchain*, aplicación web, voto electrónico.

Abstract

The main objective of this work is to implement a web application within the blockchain network for electoral process via electronic voting. The application was tested through a simulation of the election of a student representative to the Board of Directors of the Polytechnic Faculty, UNE. The purpose of this application is to reduce the counting time, strengthen the results transparency, and contribute to preserve the environment by reducing the use of physical ballots. Ten students from the institution participated in the test, who accessed the electronic voting system through the link provided. The test produced a satisfactory result, which was reaffirmed by means of a survey applied to the participants. The developed blockchain network application can be easily adapted to be applied in other electoral instances, both in the public and private spheres.

Keywords: blockchain, hweb application, electronic vote.

1. Introducción

1.1. El voto electrónico

El voto electrónico facilita el proceso del sufragio al ciudadano. Al tiempo presente, la principal motivación por la que los países del mundo instauran el voto en línea (*online*) es fomentar en el electorado una mayor participación en los procesos electorales al constituir una alternativa al voto por correo y al presencial. Esto es lo testimoniado por Scytl, empresa española especializada en tecnología electoral [1].

El voto electrónico en el mundo

Suiza implantó en 2005 este sistema en sus procesos electorales, que en las últimas elecciones de marzo fue utilizado por casi la mitad de sus votantes.

Las cifras de participación fueron mayores en Nueva Gales del Sur, Australia, donde el 63 por ciento de los votantes ha utilizado la votación electrónica en las últimas elecciones. Este sistema se introdujo en el estado en 2011 con el objetivo de facilitar la participación de los ciudadanos con discapacidades como las personas ciegas y votantes que vivieran a más de 30 km de su colegio electoral.

En Francia, el uso del voto electrónico ha sido intermitente. Se implantó en 2009 para aquellos votantes que residieran en el extranjero, se dejó de usar en 2017, y la intención era que en las elecciones consulares de 2020 se vuelva a utilizar.

Por su parte, en Canadá, el voto por Internet se utiliza en las elecciones municipales de las provincias de Ontario desde 2003, cuando fue implementado por 150 municipios; y en Nueva Escocia,

desde 2008. El objetivo, al igual que el del resto de países, es facilitar la participación de los ciudadanos que no puedan asistir al colegio electoral el día de las elecciones, y en especial, de aquellas personas con discapacidades.

En el caso de Alemania tampoco cuentan aún con el voto en línea, aunque los seguros de salud han pedido al gobierno federal que implemente este nuevo sistema para las elecciones en el sistema de seguridad social, en 2023, debido a la baja que se está produciendo en la participación de los votantes en los procesos electorales.

En Estados Unidos ya se ha incluido el voto por Internet en algunos estados, como Florida, en 2008, y Virginia Occidental, en 2010, lugar donde también se utilizó una aplicación de voto electrónico en las elecciones *midterm* de 2018 para estadounidenses residentes en el extranjero. Por su parte, En Utah se planea comenzar a probar el voto en línea a través de una aplicación móvil [1].

El voto electrónico en Paraguay

En el país, el voto electrónico fue utilizado por primera vez en el año 2001 en las elecciones municipales de Asunción en siete locales de votación, esto convirtió al Paraguay en el primer país de habla hispana de América en utilizar este tipo de votaciones con resultado positivo, posteriormente se volvió a utilizar en otras ocasiones, entre ellas, en las elecciones internas del Partido Colorado y en las generales del año 2006.

Para el año 2020 ya estaba prevista la compra de urnas electrónicas por valor de veintitrés millones de dólares, pero el Tribunal Superior de Justicia Electoral (TSJE) decidió donar estos fondos al Ministerio de Salud para la lucha contra el Covid-19.

El TSJE argumenta que es necesaria la implementación en general de la votación electrónica ya que aseguran que evitará el fraude electoral, mantendrá siempre el voto secreto, ofrecerá seguridad impidiendo maniobras y manipulaciones fraudulentas en las mesas electorales, y brindará información de los resultados en forma rápida y confiable. Además el voto electrónico garantiza la transparencia porque es fácilmente auditable y aumenta la legitimidad ya que incrementa los votos válidos [2].

La falta de control eficaz y transparente de los votos

El déficit de control y de transparencia de los datos de los votantes, hace que el sistema actual de elecciones en cualquier ámbito sea bastante vulnerable y pasible de ser adulterados con facilidad. Por ende, la probabilidad de fraude resulta elevada. Esta es también la situación en Paraguay, donde es significativamente grande la posibilidad

de que ocurra algún tipo de fraude en elecciones, tales como votos dobles, votos plantados, anulación de votos, robo de urnas, entre otros.

Desconfianza de la población hacia el sistema de voto convencional

La desconfianza es fundamental en el sistema electoral y tiene larga data. Hay escasa confianza en la victoria cuando no se confía en las personas ni en las instituciones. Esto deteriora el sistema democrático y lo encarece. Como consecuencia, se observa déficit de argumentos en el debate político. Y finalmente, gran inversión monetaria en detrimento de los recursos públicos que son limitados y que, en vez de ser destinados a atender otros problemas sociales, más bien acaban favoreciendo a autoridades de partidos políticos [3].

Uso de papeletas en las actuales votaciones

Las papeletas fueron desde hace décadas la forma de proceder en el voto democrático, se resaltan dos cuestionamientos a este método; por un lado, la facilidad con que pueden ser adulterados los votos; y por otro la cantidad de papeletas que se imprimen para cada elección, solo en las últimas elecciones municipales paraguayas del año 2015 fueron impresas más de doce millones de papeletas, con alto impacto económico.

Delimitación del trabajo

El presente trabajo consiste en una implementación de aplicación web de voto electrónico con funcionalidad en *blockchain*. Las pruebas de la aplicación web se realizaron simulando la elección de representante estudiantil ante el Consejo Directivo de la Facultad Politécnica de la Universidad Nacional del Este. En las pruebas han participado diez personas quienes posteriormente respondieron a un sondeo con el fin de estimar su grado de satisfacción con el uso del sistema.

1.2. Objetivos

El principal objetivo del trabajo es implementar la tecnología *blockchain* en el proceso electoral de representante estudiantil ante el Consejo Directivo de la FPUNE. Este objetivo central se desglosó en los siguientes objetivos específicos.

1. Adquirir conocimiento de los procesos electorales tradicional y electrónico.
2. Adquirir conocimiento del mecanismo de funcionamiento de la tecnología *blockchain*.
3. Elegir una modalidad *blockchain* adecuada a las necesidades identificadas en el primer objetivo.

4. Definir el algoritmo de consenso de tecnología *blockchain* a ser utilizado.
5. Definir el entorno de trabajo y el lenguaje de programación a ser utilizados.
6. Diseñar el método a ser empleado para desarrollar la aplicación.
7. Desarrollar la aplicación web para gestionar el proceso electivo.
8. Probar la aplicación en caso de uso simulando elección de representante estudiantil ante el Consejo Directivo de la FPUNE.

2. Método

Investigación aplicada a desarrollo tecnológico experimental de prototipación. La instalación y configuración elemental seguida fue de la manera y orden siguientes:

1. Instalación y configuración de Docker, Git, Express.js, Node.js.
2. Instalación y configuración del IDE VSCode.
3. Instalación de las extensiones del VSCode
4. Descarga, inicio y configuración de imágenes desde docker Hub utilizando el IBM Blockchain Platform [4].
 - a) El sistema de Ordenamiento 1OrgLocalFabric orderer.example.com
 - b) La autoridad certificadora del sistema de ordenamiento 1OrgLocalFabric ca.orderer.example.com
 - c) El nodo de la Red 1OrgLocalFabric peer0.org1.example.com
 - d) El sistema de almacenamiento 1OrgLocalFabric couchdb0.org1.example.com
 - e) La autoridad certificadora de la Organización 1OrgLocalFabric ca.org1.example.com
5. Descarga del repositorio desde Github.
6. Instalación y configuración de dependencias necesarias para el despliegue del servidor Back-end y el cliente Front-end Con todo esto implementado se tubo configurada la Plataforma Blockchain de Hyperledger Fabric y todos los componentes necesarios para la integración con los servicios de la aplicación web mediante el SDK¹ facilitado por Hyperledger Fabric [5].

El diseño funcional de la aplicación

– Registro de electores, validación

Este proceso de alta se realiza en la página de administración. Para realizar el proceso se accede a la aplicación mediante el SDK de Hyperledger Fabric, y se rellenan los campos, al pulsar sobre el botón de Registrar primeramente se valida que no haya un ID igual al que se pretende dar de alta, cada ID es único y se le denomina en la práctica, Billetera (Wallet).

Una vez comprobado que el ID aún no hay, entonces se procede a registrarlo con los datos llenados en el formulario. Se accede a la red *blockchain* mediante el contrato inteligente (*chaincode*). A través del *chaincode* se solicita a los *endorsers* una intención de grabar información en la *blockchain*, éstos validan el contrato inteligente mediante los certificados otorgados por la Organización, una vez firmados por los *endorsers*, la petición se devuelve al SDK que nuevamente envía al *orderer* para la dispersar la información a almacenar en los distintos nodos, que validan cada uno de ellos si la transacción es genuina.

Campos requeridos para el registro:

Los campos que se rellenan son informaciones básicas solicitadas con el fin de identificar al elector:

1. Número de Cédula de Identidad.
2. Reingreso de dicho número para la validación.
3. Nombre/s.
4. Apellido/s.

– Página del Elector, voto

Una vez realizados los pasos del registro de elector, e iniciados los módulos servidor *back-end* y cliente *front-end*; se puede acceder a la página de elección de candidato. En esta pantalla el elector puede depositar su voto al candidato de su preferencia.

Características y funcionalidades disponibles del lado del elector a la hora de acceder a la página de votaciones:

1. Hay dos enlaces para poder navegar en la página de votaciones: Inicio, que indica la página inicial, y Resultados, en donde el elector puede ver al instante cómo avanza el proceso eleccionario en tiempo real.
2. Opciones de los candidatos para el cargo de elección: nombre, apellido y carrera universitaria.

¹SDK: del inglés software development kit, equipo de desarrollo de programa informático.

- Una vez habilitado para el voto, el elector inserta su número de cédula de identidad para confirmar la elección del candidato de su preferencia.

3. Resultados y discusión

3.1. Registro del elector

Se inició la aplicación y se procedió a cargar nombres y apellidos ficticios para verificar el correcto funcionamiento de la aplicación, seguidamente se describen algunas capturas y se demuestra el proceso generado con un registro (*log*) del lado del servidor.

Los datos solicitados para el registro del elector son:

- Número de Cédula de Identidad.
- Nombres.
- Apellidos.

Esto se realiza en la pantalla de registro del elector a habilitar con un ID único, que en la aplicación es el número de la cédula de identidad, el proceso se lleva a cabo en las pantallas mostradas en las figuras 1 y 2.



Figura 1. Llenado de los campos de identificación del votante.

Una vez completado todos los campos, con el botón de Registrar se realizan todas las validaciones necesarias para habilitar al elector.



Figura 2. Llenado de los campos de identificación del votante.

Al pulsar el pulsar el botón de registro, mediante el SDK de Hyperledger Fabric, se realizan las transacciones previstas, previa validación de:

- ID.
- Campos vacíos.

En la figura 3 se puede apreciar un fragmento del registro (*log*) obtenido de la transacción de registro del ID 456, Prueba1, ProbandoApp1.

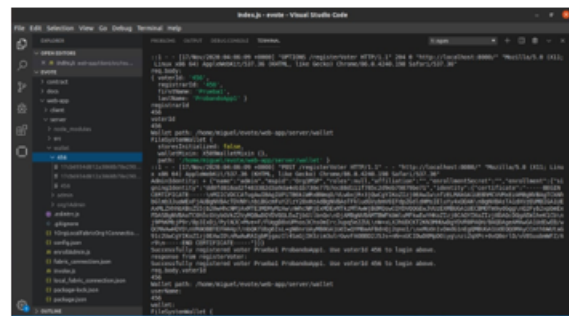


Figura 3. Captura de pantalla del registro generado.

El *log* total de esta transacción de prueba realizada, se puede ver en el repositorio Github, cuyo enlace del archivo es: <https://bit.ly/3pIICB6>.

Se encuentra disponible en todo momento durante la votación, una captura de pantalla de resultados para que toda persona interesada pueda seguir en tiempo real la elección en curso.

Para comprobar las validaciones de los campos, se realizaron cargas intencionalmente

erróneas: cargas con ID duplicadas, también se realizaron intentos de votos dobles a fin de comprobar la posibilidad de inserción de votos indebidos. En todos los casos probados se obtuvo resultado adecuado.

Al terminar las pruebas de implementación, observando que los resultados fueron satisfactorios tanto al tiempo de crear como de consultar los datos; se procedió a desinstalar totalmente de la red *blockchain* y a eliminar todas las imágenes, de esta manera se dispuso el sistema para la simulación de la elección del representante estudiantil ante el Consejo Directivo de la FPUNE.

3.2. Pruebas en Producción

Una vez finalizado el proceso de implementación de la aplicación, se realizó la simulación mencionada de la elección del representante estudiantil ante el Consejo Directivo de la FPUNE. Para realizar la simulación han cargado los datos facilitados, y se envió el enlace correspondiente a diez estudiantes que accedieron a participar voluntariamente de la simulación, para acceder a la aplicación registrándose con su ID y depositando su voto. Una vez terminada la elección, se obtuvo como resultado el siguiente gráfico mostrado en la figura 4 en que se reflejan los resultados obtenidos por cada candidato.



Figura 4. Captura de pantalla de resultados obtenidos por cada candidato.

3.3. Resultado del sondeo sobre satisfacción de los participantes

Terminada la fase de prueba de la aplicación web con la simulación de votación, se envió a los diez voluntarios un enlace conteniendo un cuestionario en línea sobre satisfacción con la aplicación web que han utilizado.

El 100 % de los participantes manifestó que utilizó por primera vez un sistema de votación electrónico. De todos los participantes, el 70 % considera que el voto electrónico es confiable y el 30 % restante considera que no lo es. Entre los consultados que han manifestado desconfiar del voto electrónico, el 66,7 % alega que desconfía de que sea identificado a través de su voto y el 33,3 restante manifiesta que desconfía de la modificación de los datos.

Entre los participantes, el 90 % manifestó estar satisfecho con la votación electrónica, mientras que el 10 % restante manifestó no estar satisfecho. En cuanto a la usabilidad, el 60 % de los consultados manifestó que le resultó muy fácil el manejo de la aplicación y el 40 % restante manifestó que le resultó fácil.

En cuanto a la preferencia de la modalidad electrónica, comparada con la modalidad en que se emplea papeleta, el 20 % de los participantes considera que la votación presencial a través de papeletas es mejor y el 80 % considera que la votación electrónica es mejor.

En cuanto a la agilidad del sistema electrónico de votación, del total de personas participantes, el 90 % respondió que considera que implementar el voto electrónico en la simulación de elección del representante estudiantil aceleró todo el proceso, mientras que el 20 % restante respondió que no. Preguntados sobre si volverían a usar la aplicación, el 100 % manifestó que sí lo volvería a hacer.

Solo una persona ha formulado una sugerencia para la aplicación, la cual consiste en que se deberían agregar las fotos de los candidatos para ayudar a identificar a los mismos.

4. Conclusión

Respondiendo a cada objetivo específico:

El primer objetivo hace referencia a adquirir conocimiento de los procesos electorales tradicional y electrónico, el cual fue atendido con la revisión de la literatura técnica acerca de ambas modalidades de voto, donde se analizan las peculiaridades de cada una.

Respondiendo a los siguientes objetivos relativos a la tecnología *blockchain* y a su selección para ser implementada acorde al problema tratado, se alcanzaron los siguientes logros. Se adquirió suficiente conocimiento en profundidad de la tecnología *blockchain*, su historia, características

y funcionalidades, a través de la lectura de trabajos antecedentes, tutoriales y páginas oficiales de creadores de soluciones *blockchain*; esto ayudó a compilar un extenso marco teórico del tema del trabajo. Se han compendiado los principales conceptos que necesarios para entender las complejidades de esta tecnología. Se han identificado los componentes principales y los servicios que conforman la tecnología, en conjunción con la naturaleza de la aplicación desarrollada.

En cuanto a elegir un tipo de tecnología *blockchain* que se adapte mejor a las necesidades identificadas, comprendidos los significados de las dos formas de *blockchain* conocidas: Pública y Privada, se concluyó que la Privada es la que mejor se adaptaba a las necesidades del caso de la aplicación. Luego se realizaron comparaciones entre distintas soluciones de implementación disponibles en la actualidad [6]. Se realizó un análisis exhaustivo de sus principales características, funcionamiento, ventajas, desventajas y limitaciones, se optó por una opción que a criterio de los autores se adapta mejor a las condiciones del voto electrónico.

Al tiempo de definir el algoritmo de consenso a ser utilizado, la selección fue hecha de entre los tres tipos de consensos que soporta la tecnología *blockchain* elegida: Raft, Kafka y SOLO. Se eligió el consenso de tipo SOLO, siendo éste el que mejor integración presenta con las herramientas definidas para la implementación del sistema, además es el más accesible entre los tipos mencionados, siendo recomendado por Hyperledger Fabric en el proceso de iniciación en la tecnología *blockchain*.

Con respecto al objetivo específico relativo a definir el entorno de trabajo y el lenguaje de programación. Ambos fueron definidos conforme a requerimientos de la tecnología *blockchain* elegida como solución. El lenguaje de programación fue seleccionado por las características favorables que ofrece al momento de elaborar una red *blockchain*.

Respondiendo al objetivo referido al método de desarrollo de la aplicación, se eligió la metodología SCRUM, ya que es una de las opciones que mejor se adapta a la idea en torno al trabajo, además de posibilitar un desarrollo ágil y simple, se adapta bien conforme se verificó durante el desarrollo del trabajo.

Respondiendo al objetivo de desarrollar una aplicación web para gestionar el proceso electivo propuesto como caso de aplicación, se ha llegado a desarrollar, probar e implementar una aplicación web de votación electrónica dentro de la red *blockchain* para gestionar una simulación del proceso electivo del representante estudiantil ante el Consejo Directivo de la FPUNE.

En la última etapa, respondiendo al objetivo referido a probar la aplicación en caso de uso simulando para elección de representante estudiantil

ante el Consejo Directivo de la FPUNE, se procedió a la prueba de la aplicación web, contando con la colaboración de estudiantes participantes voluntarios que probaron la aplicación simulando la elección del representante estudiantil mencionada.

Como cierre del trabajo se realizó un sondeo para medir el grado de satisfacción experimentado por los participantes durante la utilización del sistema de manera general. Cada participante recibió un enlace que posibilitó su ingreso al formulario del sondeo. Las respuestas al sondeo fueron bastante satisfactorias ya que el total de los consultados coincidió en su disposición favorable para volver a utilizar la aplicación web desarrollada. Más del 95 % de los consultados ha considerado satisfactoria la experiencia de utilizar la aplicación implementada, y solo una persona formuló una sugerencia constructiva sobre el sistema desarrollado.

Se ha desarrollado y probado, disponibilizándose de esta manera, una herramienta ágil para la modalidad de votación electrónica que puede ser tenida en consideración al tiempo de elegir entre esta y la forma convencional de votación usando papeletas.

Referencias bibliográficas

- [1] Núñez, Beatriz; Murillo Noelia y García, Sergio. Estos son los países del mundo que ya han implantado el voto online. 2019. Obtenido de <https://www.europapress.es/portaltic/sector/noticia-son-paises-mundo-ya-implantado-voto-online-20190817113011.html>
- [2] Noticias destacadas. Tribunal Superior de Justicia Electoral. 2019. Obtenido de <https://www.tsje.gov.py/index.php>
- [3] Milenio. Las elecciones y la desconfianza. 2015. Obtenido de <https://www.milenio.com/opinion/jose-luis-reyna/de-paso/las-elecciones-y-la-desconfianza>
- [4] Cloud Transaction flow. IBM. c. 2019. Obtenido de <https://cloud.ibm.com>
- [5] Hyperledger Fabric. A Blockchain Platform for the Enterprise. 2020. Obtenido de <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/release-2.2/>
- [6] Palma Salas, M. Metodología para el desarrollo de una infraestructura de claves públicas orientado al análisis de riesgo. XVIII International Congress of Electronic, Electrical and Systems Engineering, (págs. 8-9). 2011.