

**ESTADO DEL ARTE DEL VOTO ELECTRÓNICO BASADO EN TECNOLOGÍA
BLOCKCHAIN**

**JUAN CAMILO FERNÁNDEZ RENDÓN
ANGEL DAVID SANTA GIRALDO**

**DIRECTOR DE PROYECTO:
SAULO DE JESÚS TORRES RENGIFO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
FACULTAD DE INGENIERÍAS.
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN.
RISARALDA, COLOMBIA, 2020.**

**ESTADO DEL ARTE DEL VOTO ELECTRÓNICO BASADO EN TECNOLOGÍA
BLOCKCHAIN**

**JUAN CAMILO FERNÁNDEZ RENDÓN
ANGEL DAVID SANTA GIRALDO**

**TRABAJO PRESENTADO COMO REQUISITO PARA OPTAR POR EL TÍTULO DE
INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN**

**DIRECTOR DE PROYECTO:
SAULO DE JESÚS TORRES RENGIFO**

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE PEREIRA.
FACULTAD DE INGENIERÍAS.
PROGRAMA DE INGENIERÍA DE SISTEMAS Y COMPUTACIÓN.
RISARALDA, COLOMBIA, 2020.**

RESUMEN

En el presente documento se estudia el estado actual de los sistemas de votación electrónica basados en tecnología Blockchain, para ello abordando inicialmente el funcionamiento de dicha tecnología con sus ventajas y el estado de las diversas alternativas de sistemas de votación.

El primer capítulo abarca la formulación del trabajo, donde se incluye el origen de la idea de proyecto, la definición del problema encontrado, los objetivos que buscan cumplirse a lo largo del desarrollo y la metodología a utilizar.

El segundo capítulo encierra el marco referencial, en el cual podrán encontrarse conceptos claves para entender el presente documento, un acercamiento histórico a la tecnología Blockchain y un marco teórico que alude el planteamiento del problema.

El tercer capítulo abarca como tema principal la tecnología Blockchain, su origen, funcionamiento, características, ventajas, desventajas y aplicaciones.

El cuarto capítulo expone los diferentes sistemas de votación, el voto electrónico, sus implementaciones, además de las ventajas y desventajas que presentan.

El quinto capítulo aborda los sistemas de votación electrónicos basados en tecnología Blockchain, sus ventajas, desventajas e implementaciones.

Finalmente se presenta la conclusión del trabajo y se anexa la bibliografía correspondiente.

ABSTRACT

In this document, the current state of electronic voting systems based on Blockchain technology is studied, for this purpose, understanding the components of said technology with its advantages and the state of the various voting system alternatives.

The first chapter covers the formulation of the work, which includes the origin of the project idea, the definition of the problem encountered, the objectives that seek to be fulfilled throughout the development and the methodology to be used.

The second chapter contains the referential framework, in which key concepts to understand the current document can be found, a historical approach to Blockchain technology and a theoretical framework that alludes to the problem statement.

The third chapter covers Blockchain technology as its main topic, its origin, operation, characteristics, advantages, disadvantages, and applications.

The fourth chapter exposes the different voting systems, electronic voting, their implementations, in addition to the advantages and disadvantages presented.

The fifth chapter deals with electronic voting systems based on Blockchain technology, its advantages, disadvantages and implementations.

Finally, the conclusion of the work is presented, and the corresponding bibliography is attached.

TABLA DE CONTENIDOS

1.	CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	1
1.1.	Introducción	1
1.2.	Planteamiento del Problema	2
1.3.	Definición del problema	3
1.4.	Objetivo General	3
1.5.	Objetivos Específicos.....	3
1.6.	Justificación	3
1.7.	Metodología	4
2.	CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL	5
2.1.	Marco Conceptual	5
2.1.1.	Blockchain	5
2.1.2.	Internet	5
2.1.3.	Sistema Distribuido.....	5
2.1.4.	Votación Electrónica.....	6
2.1.5.	Criptografía:	6
2.2.	Marco de Antecedentes	6
2.3.	Marco Teórico.....	7
3.	CAPÍTULO III: TECNOLOGIA BLOCKCHAIN.....	8
3.1.	Introducción a Blockchain	8
3.2.	Origen de Blockchain	9
3.3.	Tecnología de registros distribuidos (DLT).....	11
3.4.	Como funciona Blockchain.....	12
3.5.	Criptografía	12
3.5.1.	Criptografía asimétrica.....	13
3.5.2.	Direcciones	13
3.5.3.	Firmas digitales	14
3.5.4.	Funciones hash.....	14
3.6.	Composición de una Blockchain	15

3.6.1.	Redes Peer-to-Peer.....	15
3.6.2.	Transacciones.....	15
3.6.3.	Tokens.....	15
3.6.4.	Algoritmos de consenso.....	16
3.6.5.	Bloques	16
3.6.6.	Nodos	17
3.6.7.	Minería.....	17
3.7.	Seguridad de una Blockchain.....	17
3.7.1.	Inmutabilidad	17
3.7.2.	Resistente a la falsificación.....	18
3.7.3.	Transparencia y pseudo anonimato.....	18
3.7.4.	Democrático	19
3.7.5.	Coherencia en el registro	19
3.7.6.	Auditable.....	19
3.8.	Tipos de Blockchain	20
3.8.1.	Blockchain Publicas.....	20
3.8.2.	Blockchain Privadas.....	20
3.8.3.	Blockchain Híbridas.....	21
3.9.	Aplicaciones de la Blockchain.....	21
3.9.1.	Sector financiero	22
3.9.2.	Aplicaciones de Registro y Verificación de Datos	25
3.9.3.	Cadenas de Suministro.....	25
3.9.4.	Almacenamiento Distribuido en la Nube.....	26
3.9.5.	Contratos Inteligentes	26
3.9.6.	Identidades Digitales.....	26
3.9.7.	Seguridad Automatizada.....	26
3.9.8.	Descentralización del IoT	27
3.9.9.	Sistemas de Votación.....	27
4.	CAPÍTULO IV: VOTO ELECTRONICO.....	28
4.1.	Introducción al voto electrónico	28

4.2.	Las Elecciones	28
4.3.	Sistemas de Votación.....	29
4.3.1.	¿Qué son los Sistemas de Votación?	30
4.3.2.	El Voto Analógico	30
4.4.	El Voto Electrónico.....	32
4.4.1.	Métodos de Voto Electrónico	33
4.4.2.	El Impacto de la Implementación del Voto Electrónico	35
4.4.3.	Ventajas y Desventajas del Voto Electrónico	36
5.	CAPITULO V: VOTO ELECTRÓNICO CON TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN	40
5.1.	Introducción al Voto Electrónico con Tecnología Blockchain.....	40
5.2.	Propuestas planteadas	41
5.2.1.	El Voto por Correo Postal y Blockchain.....	41
5.2.2.	Máquinas de Votación Basadas en Blockchain	41
5.3.	Ventajas y Fortalezas	42
5.4.	Desventajas y Dificultades.....	43
5.5.	Implementaciones Realizadas	43
5.5.1.	Plataformas para Realizar Votaciones	44
5.5.2.	Implementación de Votaciones Blockchain.....	46
6.	CONCLUSIONES	47
	BIBLIOGRAFÍA	49

1. CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Introducción

El voto es el método usado en los sistemas de elección popular, es la manera en la que un individuo que hace parte de una sociedad da a conocer su libre decisión sobre la persona que quiere que lo represente en un determinado cargo. (Registraduría Nacional, 2020)

Los métodos de votación empleados para elegir los representantes de un grupo de personas han ido cambiando a lo largo de la historia de la humanidad, una de las distintas razones de estos cambios es disminuir el fraude electoral. Es así como los sistemas de votación electrónica empezaron a utilizarse en los años 1960.

Países como Australia, Bélgica, Brasil, Canadá, Estonia, Francia, Alemania, India, Irlanda, Italia, Países Bajos, Noruega, Argentina, Rumania, Suiza, Reino Unido y Venezuela han hecho uso del voto electrónico por internet. (Redaccion, Barcelona, 2017) Ante lo anterior mencionado se percibe que el voto electrónico es el preferido por la mayoría de estos países, sin embargo, en Holanda se decidió dejar de usar el voto electrónico en 2017 y volver al conteo manual. (InfoTechnology, 2017)

Por otro lado, en años recientes se ha observado un drástico aumento en la implementación de la tecnología Blockchain en diversos ámbitos, incluido el voto electrónico; es a raíz de esto que surge la idea de investigar los diferentes métodos utilizados de voto electrónico, cómo se ha podido o se podría implementar tecnología Blockchain en estos y comparar los resultados que han dado o que se espera de ellos, entonces: ¿podría ser el uso de la tecnología Blockchain beneficiosa para mitigar el fraude electoral?.

1.2. Planteamiento del Problema

El fraude electoral es una serie de maniobras engañosas planificadas para lograr modificar el resultado que hubieran tenido determinados comicios en alguna zona geográfica para la toma de decisiones políticas. Este delito se considera un atentado en contra de la democracia, ya que generalmente afecta la real voluntad de una mayoría popular.

En la historia reciente de la humanidad, es posible identificar situaciones de fraude electoral en diferentes países, viéndose más afectados los países latinoamericanos en vías de desarrollo tales como Colombia, donde desde hace bastante tiempo se ha evidenciado la presencia de fraude en las diferentes elecciones celebradas para la toma de decisiones políticas y de gobierno, así mismo, se ha observado cómo el pueblo se ha enterado de algunos de estos casos y el ente encargado Registraduría Nacional del Estado Civil ha actuado con medidas como la identificación biométrica e inscripción de cédulas automatizada (Redacción Política, 2014), medidas que no han terminado de solucionar la problemática.

Aunque las causas del problema son diversas, el argumento principal es que las maquinarias, partidos y mandatarios tratan de hacer cualquier cantidad de cosas por salirse con la suya y obtener o retener el control del Estado. Sin embargo, no hay que olvidar aquellos que respaldan estos actos, y es que son los intereses del pueblo los que terminan permitiendo escenarios de fraude, considerándose entonces por algunos analistas y autores a través de los años que los intereses que perpetran el fraude de manera más directa son los económicos y los partidistas.

A nivel local, no es tarea difícil buscar en la historia del país y encontrar casos de fraude, por ejemplo, si nos remontamos a hace 114 años podríamos tener en cuenta el fraude de Padilla ocurrido en la elección presidencial posterior a la separación de Panamá. (Redes, 2018) y si nos ubicamos en la época contemporánea es evidente como ya el fraude amenaza las próximas elecciones regionales según estudios publicados por diferentes medios como W Radio y El Tiempo, potenciando así el riesgo en materia de cuestiones políticas y de democracia para las diferentes ciudades.

Este tipo de casos, ya ocurridos y que podrían ocurrir incluso en elecciones venideras, han terminado por afectar al pueblo colombiano a lo largo de su historia debido a otros problemas que se han generado a partir de estos, tales como la violación a los principios democráticos, a los derechos del pueblo y a su legitimidad para la toma de decisiones políticas, lo que ha derivado en un país con desigualdades, violencia e indicadores alarmantes en materia de legalidad en diferentes ámbitos como el electoral.

1.3. Definición del problema

¿Qué tan posible es mitigar la situación de fraude electoral a través de la votación electrónica con base en tecnología Blockchain?

1.4. Objetivo General

Desarrollar una monografía con la cual se puedan exponer los beneficios de usar votaciones electrónicas basadas en tecnología Blockchain.

1.5. Objetivos Específicos

- Analizar el funcionamiento de la tecnología Blockchain y la criptografía.
- Investigar las diferentes alternativas implementadas de votación electrónica con su respectivo impacto.
- Aclarar las ventajas y desventajas de implementar la tecnología Blockchain en los sistemas de votaciones.

1.6. Justificación

La utilización de Blockchain como herramienta para la votación y consigna de resultados en las diferentes contiendas electorales que se celebran en el país, brindaría algunas soluciones tales como garantías en materia de transparencia, legitimidad y efectividad en los procesos, en lo que

se refiere al problema del fraude electoral, el cual con el paso de los años ha generado inconvenientes de carácter político, social y económico para la población.

1.7. Metodología

Capítulo III

- Analizar el funcionamiento de la tecnología Blockchain y la criptografía.
 - Recopilar la información y el material pertinente descrito en estudios e investigaciones de diferentes medios.
 - Identificar, conocer y organizar la información y el material recopilado.
 - Presentar la información obtenida en la presente monografía.

Capítulo IV

- Investigar las diferentes alternativas implementadas de votación electrónica con su respectivo impacto.
 - Recopilar la información y el material pertinente descrito en estudios e investigaciones de diferentes medios.
 - Organizar la información obtenida y categorizarla según el impacto generado por las diferentes implementaciones.
 - Comparar la información obtenida y categorizada.
- Aclarar las ventajas y desventajas de implementar la tecnología Blockchain en los sistemas de votaciones.
 - Presentar la información obtenida en la presente monografía.

2. CAPÍTULO II: MARCO REFERENCIAL

2.1. Marco Conceptual

Entre los conceptos necesarios para el tratamiento de la temática expuesta, es importante definir los siguientes:

2.1.1. Blockchain

Es complejo encontrar una definición oficial de Blockchain por lo que en términos generales podría acogerse la definición de infotechnology.com como válida donde se refieren a esta tecnología como una base de datos compartida que funciona como un libro para el registro de operaciones de compraventa o cualquier otra transacción. (InfoTechnology, 2016)

2.1.2. Internet

Red informática mundial, descentralizada, formada por la conexión directa entre computadoras mediante un protocolo especial de comunicación. (Real Academia Española, s.f.)

2.1.3. Sistema Distribuido

La computación distribuida une miles de computadoras individuales, creando un gran sistema con poder de computación masivo superando ampliamente el poder de un puñado de súper computadoras. La tecnología también es más eficaz en lo que se refiere al costo. (Guzman & Mesa, 2014)

2.1.4. Votación Electrónica

El voto electrónico consiste en la emisión del voto utilizando medios electrónicos diferentes de los tradicionales, como el voto presencial en papel y el voto por correo. (CSUC, s.f.)

2.1.5. Criptografía:

Arte de escribir con clave secreta o de un modo enigmático. (Real Academia Española, s.f.)

2.2. Marco de Antecedentes

El paper de los colegas W. Scott Stornetta y Stuart Haber's "How to Time-Stamp a Digital Document" publicado en 1991 es lo que muchos consideran la primera encarnación de la tecnología Blockchain. (Klein, 2019) En su momento ellos se propusieron a crear un libro que fuera inmutable, y al hacerlo, se encontraron con lo que consideraron "una solución ingenua", que dependía de una autoridad central, una especie de "caja de seguridad digital" que registraba la fecha y cada vez que se creaba un documento determinado al tiempo que almacenaba una copia de este en varios sitios. Desde entonces, una cantidad significativa de investigaciones y avances se han basado en esta tecnología, con el fin de proporcionar soluciones a diferentes problemas de la sociedad actual.

En materia de trabajos previos podemos encontrar trabajos como "Investigating performance constraints for blockchain based secure e-voting system" de los autores (Mehboob Khan, Arshad, & Mubashir Khan). Donde concluyen que la votación electrónica es una de las áreas a las que se puede aplicar la tecnología Blockchain para aprovechar sus capacidades y lograr integridad en los datos, anonimato y el no repudio en el caso de algunos votantes.

En otro documento titulado "Revisión de la capacidad de transparencia y confianza que ofrece la tecnología Blockchain" y realizado por Manuela Linares Barbero (Barbero, 2018) se afirma que gracias a la tecnología Blockchain serán revolucionadas todo tipo de elecciones ya que se le devolverá la confianza al votante en especial en los países en vías de desarrollo.

Finalmente, al dar un recorrido por la literatura, son muchas las investigaciones académicas y proyectos que enfatizan en la utilidad de Blockchain, pero desde otras áreas diferentes a la de votación electrónica o a dar solución a las posibilidades de fraude.

2.3. Marco Teórico

Como se evidencia en la sección Planteamiento del Problema, son varios los casos de fraude que han ocurrido históricamente tanto en el contexto Global como en el local. Algunos autores, por su parte exponen que son comunes las diferentes formas de fraude en el sistema manual o tradicional de votación electrónica, como se evidencia en el trabajo “Investigating Performance constraints for blockchain based secure” (Mehboob Khan, Arshad, & Mubashir Khan), quienes también aseguran que las votaciones son uno de los pilares fundamentales de la democracia moderna.

Otras publicaciones como la de Manuela Linares Barbero, en un contexto más local y similar al de nuestra cultura revisan la confiabilidad de la tecnología Blockchain desde distintas áreas a las que es aplicable, tales como la votación electrónica, donde se basa en la obra de los autores mencionados previamente (Mehboob Khan, Arshad, & Mubashir Khan) para construir un artículo donde expone que: “confianza es un elemento fundamental del mundo contemporáneo” (Barbero, 2018) y la adapta a la cultura latinoamericana exponiendo casos de fraude desde distintas perspectivas como la de las votaciones y los casos de fraude.

3. CAPÍTULO III: TECNOLOGIA BLOCKCHAIN

3.1. Introducción a Blockchain

En el presente capítulo se pretende introducir al lector de forma detallada en la tecnología Blockchain, abordando sus orígenes, su funcionamiento, los elementos que la componen, sus principales características y como aportan en materia de seguridad, y finalmente sus aplicaciones. Esto con el fin de posteriormente dar a conocer sus posibles ventajas a la hora de implementar dicha tecnología en un sistema de votación electrónica, y el potencial que podría presentar en términos de seguridad con el fin de reducir el fraude electoral.

De manera simple, la tecnología Blockchain, también traducida como cadena de bloques, es una tecnología de registro distribuido (DLT) o descentralizado la cual permite la gestión y almacenamiento integro de datos, de transacciones y de tokens¹. (Palomo Zurdo, 2018)

Blockchain está comprendido principalmente por los conceptos de criptografía, teoría de juegos y ciencias de la computación. Usando criptografía es posible asegurar que los usuarios validos son los que realizan las transacciones y que no haya movimientos fraudulentos. El campo de teoría de juegos proporciona un enfoque que determinara cómo funciona el sistema, no se considera si un bloque es malicioso o no ya que se utiliza un sistema de consenso. Dependiendo de su aplicación, pueden cambiar en la Blockchain el grado de complejidad aplicado en la criptografía y en la teoría de juegos, sin embargo, el principio de mantener un registro consistente es el mismo. Finalmente es la ingeniería en las ciencias de la computación la que permite incorporar estos componentes lógicos y matemáticos en aplicaciones descentralizadas y

¹ Los tokens pueden entenderse como una representación digital de un activo con valor propio.

distribuidas, para ello aplicando técnicas referentes a la construcción de estructuras de datos y comunicaciones en la red. (Singhal, Dhameja, & Panda, 2018)

3.2. Origen de Blockchain

En 1991 los científicos investigadores Stuart Haber y W. Scott Stornetta publicaron un Whitepaper² en el que daban una solución practica para que los sellos de tiempo de los documentos digitales no pudieran ser modificados ni manipulados, esta solución practica hacia uso de una cadena de bloques con seguridad criptográfica y en esta cadena de bloques se almacenaba los documentos digitales con su sello de tiempo. (Jenkinson, s.f.) (Binance Academy, s.f.)

Un año más tarde en 1992 Stuart Haber, W. Scott Stornetta y Dave Bayer mejoraron el diseño propuesto en 1991 agregando los árboles de Merkle a la misma, esto mejoro la eficiencia del diseño al permitir que varios documentos se recopilaran en un solo bloque. Sin embargo, la solución anteriormente mencionada no se considera la primera Blockchain, ya que esta tecnología nunca se usó y la patente caducó en 2004.

Fue entonces en el año 2004 que un criptógrafo y programador informático llamado Harold Thomas Finney II desarrollo un sistema al que denomino Prueba de trabajo reutilizable o como se le nombra usualmente, RPoW por sus siglas en inglés, este sistema funcionaba dando un token después de haber realizado una prueba de trabajo³, el token mencionado anteriormente estaba basado en el algoritmo HashCash⁴ y no era intercambiable con otro usuarios, sin embargo el

² Un Whitepaper es un documento guía y tiene la función es tratar de explicar a los usuarios cómo resolver un problema o ayudarlos a entender un tema determinado.

³ Una prueba de trabajo o PoW por sus siglas en ingles se refiere a que el usuario resuelva una operación compleja de cómputo, con el fin de consumir poder de cómputo y energía eléctrica, para obtener tokens o acceso a ciertas actividades del sistema

⁴ HashCash es un Sistema de prueba de trabajo diseñado en 1997 por Adam Back, el cual lo creo con el fin de evitar el spam en el correo electrónico.

sistema a cambio de este token creaba otro token, el cual estaba firmado por RSA⁵ y se podía transferir entre personas.

Dado su funcionamiento, se considera al sistema RPoW como un prototipo inicial de las criptomonedas, ya que dio solución a un defecto conocido como el problema de doble gasto, el que se puede presentar en los tokens si estos no son debidamente controlados por el sistema. El problema de doble gasto consiste en la duplicación de un mismo token para ser usado en repetidas ocasiones. ¿Cómo resolvió RPoW el problema de doble gasto?, el sistema registraba al token y su propietario en un servidor independiente y confiable debido a su seguridad, disponibilidad e integridad, este servidor fue diseñado para que, sin importar la locación de los usuarios, se pudieran verificar la exactitud e integridad de los tokens en tiempo real.

En 2008 un grupo de personas anónimas o una persona anónima, bajo el pseudónimo de Satoshi Nakamoto conceptualizó Blockchain en un whitepaper el cual publicó en la lista de correo de criptografía “The Cryptography Mailing List” como un sistema de dinero electrónico descentralizado entre pares al cual llamó Bitcoin. La red estaba basada en el algoritmo de prueba de trabajo HashCash para poner marcas de tiempo en los bloques sin requerir que estén firmados por terceros e introduciendo un valor que dificulte la velocidad con la que se agregan bloques y así estabilizar la velocidad de crecimiento de la red. Por otro lado, la protección contra el problema de doble gasto la brindaba un protocolo descentralizado Peer-to-Peer el cual hacía seguimiento y verificación de cada transacción. En 2009 Satoshi Nakamoto implementó el diseño como el núcleo de la criptomoneda Bitcoin.

En el momento de escrito este documento existe gran variedad de plataformas basadas en Blockchain, estas plataformas presentan aplicaciones diferentes a la de Bitcoin ósea las criptomonedas. En 2013 Vitalik Buterin programador y cofundador de la revista Bitcoin vio la

⁵ RSA (Rivest, Shamir y Adleman) es un sistema criptográfico que implementa llave pública y fue diseñado en 1979 por Ron Rivest, Adi Shamir y Leonard Adleman.

necesidad de crear un lenguaje de scripting para desarrollar aplicaciones descentralizadas basadas en la red de Bitcoin, sin embargo, no logró llegar a un acuerdo con Bitcoin, por lo cual desarrolló una plataforma de computación distribuida basada en Blockchain, a esta aplicación le puso por nombre Ethereum, que entre otras cosas presentaba la funcionalidad de scripting llamada contratos inteligentes.

3.3. Tecnología de registros distribuidos (DLT)

Antes de hablar sobre el funcionamiento de una Blockchain, primero es pertinente mencionar la Tecnología de Registros Distribuidos o DLT, es un tipo de tecnología que permite a los usuarios almacenar de forma permanente y simultanea la información introducida en un programa compartido por un conjunto de usuarios y/o servidores, y en donde dicha información se mantiene pública. (Ibáñez Jiménez, 2018, págs. 15-18)

Visto de otra forma una DLT es como una base de datos descentralizada que es gestionada y alojada por una multitud de usuarios y en la cual no existe una única entidad autoritaria. El hecho de que exista un registro distribuido permite un alto nivel de transparencia en la información, dificultando así que esta información pueda ser alterada. Para la inserción de datos en el sistema DLT se utilizan claves criptográficas, estos datos son distribuidos entre diversos nodos, se replican y sincronizan utilizando algoritmos de consenso.

Entre la clasificación de las DLT podemos encontrar dos tipos de implementaciones, la primera Permission-less (sin permisos), son completamente públicas y cualquier usuario de internet puede acceder o participar en estas, un ejemplo de esta puede ser Bitcoin; por otro lado, están las Permissioned (con permisos), estas bien pueden ser públicas o privadas, las públicas pueden ser accedidas parcialmente por cualquier usuario, pero solo podrán añadir información las entidades autorizadas, en las privadas sin embargo solo participan y acceden las entidades permitidas. (ITU-T, 2019, págs. 1-2)

Una Blockchain es fundamentalmente una DLT con ciertas particularidades.

3.4. Como funciona Blockchain

En una Blockchain los datos se almacenan de forma distribuida en bloques de información que se hayan encadenados de forma secuencial a otros bloques mediante los denominados hashes (funciones criptográficas), creando así una cadena de bloques con registros inalterables. En cada bloque se almacena: una cantidad de registros o de transacciones validas, información del propio bloque en cuestión y su vinculación mediante el hash del bloque anterior de la cadena.

Cada bloque de datos tiene un lugar determinado e inalterable dentro de la cadena, esto es así ya que, si un bloque fuese cambiado de lugar o eliminado, entonces se perdería la conexión en la cadena debido a que dicho bloque tiene información del hash anterior y el siguiente no podría conectar con este. Adicionalmente, los nodos participantes de la red que conforman una Blockchain se encargan de guardar una copia exacta de dicha Blockchain. (Pastorino, 2018)

3.5. Criptografía

La criptografía puede definirse como una serie de técnicas de cifrado utilizadas con el fin de alterar determinada información con el objetivo de que sea ilegible para individuos no autorizados. El objetivo inicial de la criptografía era la confidencialidad, sin embargo, con el nacimiento de la informática y el gran avance tecnológico que esta ha dado a lo largo del tiempo, fue posible encontrar nuevos usos que dar a la criptografía a la par que surge la necesidad de crear técnicas más avanzadas para mantener la seguridad e integridad de la información.

En este apartado se menciona algunos elementos más claves respecto a criptografía que implementan las Blockchain.

3.5.1. Criptografía asimétrica

La tecnología Blockchain se fundamenta principalmente en la criptografía asimétrica o de clave publica, esta consta básicamente de dos claves o llaves, una publica y otra privada. En la criptografía asimétrica tanto el emisor como el receptor deben utilizar un algoritmo definido.

En primer lugar, debe seleccionarse un algoritmo de cifrado, los algoritmos de cifrados se basan en sistemas matemáticos, entre más compleja sea la matemática implementada más seguro es el algoritmo que tendremos. Ya teniendo un algoritmo, deberán generarse las claves públicas y privadas. Primero se genera la clave privada, esta puede generarse tomando valores aleatorios. Es importante que solo el propietario tenga acceso a la clave privada para así mantener la confidencialidad de los datos. Lo siguiente es generar una clave pública, esta se genera a partir de la privada haciendo uso de una formulación matemática. Como su nombre lo dice, esta clave es publica y es la que se comparte con todos los usuarios de la red para poder recibir mensajes dichos usuarios.

El remitente deberá usar la clave pública del destinatario para cifrar el mensaje, por otro lado, solo el destinatario será capaz de descifrar el mensaje haciendo uso de su propia clave privada asociada a la pública. Por otro lado, si se cifra un mensaje usando la clave privada, es posible descifrarlo usando la clave pública. Sin embargo, es imposible descifrar un mensaje utilizando la clave con la que ha sido cifrado, en todo caso es necesario el uso de ambas claves.

3.5.2. Direcciones

Una dirección es una cadena alfanumérica que puede ser compartida para recibir transacciones y dichas direcciones se producen a partir de claves publicas haciendo uso de funciones hash. Por ejemplo, en Bitcoin se utilizan los algoritmos Secure Hash Algorithm (SHA) y RACE Integrity Primitives Evaluation Message Digest (RIPEMD) para la generación de las direcciones de hasta 160 bits a partir de claves públicas. (Suárez, 2020)

3.5.3. Firmas digitales

Las firmas digitales sirven como prueba de que las transacciones no han sido manipuladas en su proceso de envío, dicha firma está vinculada a la transacción realizada y es única para cada transacción. Estas firmas se calculan usando técnicas criptográficas a partir de la clave privada del emisor y de información incluida en la transacción.

Como la firma ha sido generada a partir de una clave privada, realizar la comprobación de integridad y/o autenticidad del mensaje es tan simple como realizar un descifrado utilizando la llave pública del emisor (que se envía junto a la transacción), si la información coincide entonces el mensaje es legítimo.

3.5.4. Funciones hash

Las funciones hash son funciones matemáticas que hacen parte integral de las estructuras de datos en una Blockchain y parte fundamental de su criptografía, estas funciones toman una cantidad variable de caracteres como entrada y las convierte en una cadena alfanumérica de tamaño fijo (hash) como salida.

Las funciones hash deben seguir unas propiedades principales para que éstas cumplan su propósito de diseño:

- Las entradas pueden ser cadenas de cualquier tamaño, pero su salida debe tener un tamaño fijo.
- Es determinística, en el sentido de que una misma entrada dispuesta a una misma función hash debe generar siempre el mismo hash de salida.
- No puede haber dos entradas diferentes que generen el mismo valor hash como salida.
- Es inviable, aunque no imposible, invertir y generar el mensaje a partir de su valor hash.
- Cualquier pequeño cambio en el mensaje debería influir completamente en el hash de salida, para que así nadie pueda correlacionar el nuevo hash con el anterior de realizar el cambio.

Las funciones hash son usadas de diversas formas dentro de una Blockchain, comúnmente se usan para verificar la integridad y la autenticidad de la información, pueden usarse para indexar información en tablas hash y hacer más ágiles las tareas de búsqueda, también pueden usarse para autenticar de forma segura a los usuarios sin necesidad de almacenar las contraseñas de manera local, entre otras funciones más que se le pueden asignar dependiendo de la Blockchain. (Singhal, Dhameja, & Panda, 2018, págs. 55-73)

3.6. Composición de una Blockchain

En esta sección se mencionan los componentes esenciales que integran la tecnología Blockchain y que hacen posible los principales fundamentos de dicha tecnología.

3.6.1. Redes Peer-to-Peer

En una Blockchain la comunicación se realiza siempre entre pares, no existe un nodo central por el cual se transmita o se almacene la información, por lo cual cada participante se encarga de almacenar la información sobre los movimientos que se hayan realizado en la Blockchain y posteriormente este participante la comparte con otros. (Cointelegraph, s.f.)

3.6.2. Transacciones

Las transacciones son agrupaciones de datos que almacenan las transferencias de tokens entre los unos usuarios y otros. Las transacciones deben llevar una firma digital de su remitente, luego dichas transacciones se transmiten en la red donde serán validadas y posteriormente se ordenan junto a otras transacciones para formar los bloques en una Blockchain. (Pérez, s.f.)

3.6.3. Tokens

Un token es comúnmente una unidad de valor emitida por una entidad privada, pero a su vez un token es más que una moneda o divisa ya que se le pueden asignar diversos usos, por ejemplo, en una red privada un token podría servir para otorgar derechos, pagar por trabajo, como incentivo,

entre otros. Finalmente es quien diseña el sistema quien decide como estará compuesto el valor de un token, y a partir de allí derivan los usos que podría llegar a dársele. (BBVA, 2020)

3.6.4. Algoritmos de consenso

Son algoritmos utilizados por la red Blockchain para alcanzar un consenso y definir que transacciones son válidas y cuáles no lo son. Lo que indique el algoritmo se transforma en una situación de verdad para todos los nodos pertenecientes a la red. Los algoritmos de consenso siguen un protocolo, que son las reglas primarias bajo la cual se rige una Blockchain.

Como ejemplo tenemos a Bitcoin el cual sería el protocolo que seguir y Proof of Work su algoritmo de consenso. Proof of Work es el primer algoritmo de consenso y más popular hasta el momento, el algoritmo es utilizado para confirmar transacciones y generar nuevos bloques, aquí los mineros compiten para completar transacciones y recibir recompensas.

3.6.5. Bloques

Los bloques están conformados por una colección de transacciones confirmadas, además de información pertinente para la identificación y concatenación de dichos bloques. Cuando un bloque alcanza su límite en cuanto a capacidad de transacciones, es momento de que este bloque sea validado y es aquí donde intervienen los mineros, posterior a su validación se conecta a la cadena y se genera un nuevo bloque el cual almacenará las nuevas transacciones.

Un bloque básico contiene en su cabecera un índice, un hash que lo identifica, un apuntador hash que conecta con el bloque anterior y marcas de tiempo, en su contenido están todas las transacciones albergadas en el bloque, por otro lado, en el contenido se encuentra la lista de transacciones.

3.6.6. Nodos

Son computadoras conectadas a la red Blockchain usando un software que se encarga de almacenar y distribuir copias actualizadas en tiempo real de la cadena de bloques a todos los participantes. Cuando un bloque se valida y se añade a la cadena, se comunica dicho cambio a todos los nodos, estos a su vez almacenaran una copia del bloque. (Yahari Navarro, 2017) Como ejemplo, actualmente la cadena de bloques de Bitcoin pesa más de 300GB y dicha red procesa más de 250.000 transacciones al día.

3.6.7. Minería

Los mineros son una parte fundamental de todo sistema Blockchain público, los mineros son nodos que cumplen con la función de generar nuevos bloques, además de validar transacciones y registrarlas en dichos bloques. En la minería se recompensan a aquellos nodos mineros que logran resolver primero un bloque valido de transacciones generando su código hash, el bloque deberá ser validado mediante la comprobación de su hash por los demás miembros de la red para que este pueda ser agregado a la cadena de bloques.

3.7. Seguridad de una Blockchain

A lo largo del capítulo se han mencionado diversas características que hacen parte del funcionamiento básico de una Blockchain, y es a partir de dichas características que se hace posible mencionar una serie cualidades que puede ofrecer la tecnología Blockchain referentes a temas de seguridad.

3.7.1. Inmutabilidad

Gracias a los algoritmos criptográficos que permiten garantizar y verificar la integridad en los datos que se registran en la Blockchain y a su naturaleza de registros distribuidos, es posible decir que los datos son inmutables. En las cadenas de bloques se realizan transacciones atómicas, y una vez que las transacciones han sido distribuidas y registradas estas son inalterables en el

sistema, posteriormente se puede verificar la integridad de dicha información haciendo uso del hash correspondiente al bloque en el que se almacena. (Singhal, Dhameja, & Panda, 2018, pág. 125)

3.7.2. Resistente a la falsificación

Se podría llegar a pensar que por el hecho de que una Blockchain sea publica se hace vulnerable a múltiple tipo de ataques y entre ellos la falsificación, pero es todo lo contrario, su característica de red descentralizada imposibilita la falsificación. Cuando persona realiza una transacción, dicha persona debe firmarla con su clave privada y seguido a esto se aplica un algoritmo hash sobre la transacción antes de enviarla a la red, y es a través de esta información que todos los demás nodos pueden verificar la identidad del usuario e integridad de la transacción. Si algún miembro de la red recibe transacciones que no cumplen con la verificación anterior, ósea, que ha sido modificado de alguna forma, entonces dicha transacción será descartada. (Singhal, Dhameja, & Panda, 2018, pág. 125)

3.7.3. Transparencia y pseudo anonimato

En una Blockchain pública todos los participantes pueden ver la totalidad de la información contenida en la cadena de bloques (incluso sus valores hash) sin llegar a vulnerar la privacidad de los usuarios. A su vez, cualquier persona que utilice Blockchain puede ser anónimo o puede compartir su identificación con otros. Todo lo que se puede observar en un Blockchain, son registros de transacciones entre identificaciones de usuarios pertenecientes a la red. (Cointelegraph, s.f.) Por otro lado, esto puede variar cuando se trata de Blockchain privadas o híbridas, en estos casos se suele requerir de una identificación para poder otorgar los debidos permisos en la red y dependiendo de las políticas de la organización es probable que la información solo sea accesible según los permisos otorgados.

3.7.4. Democrático

Por lo menos en las Blockchain públicas, que utilizan un sistema peer-to-peer, no debería haber ninguna entidad en el sistema que sea más poderosa que las demás. Todos los participantes de la red deben tener los mismos derechos en cualquier situación, y las decisiones se toman cuando la mayoría llega a un consenso. Así cuando una persona logra de alguna forma alterar la información en un bloque, dicha alteración no será tomada en cuenta ya que solo sería un voto entre muchos. (Singhal, Dhameja, & Panda, 2018, pág. 125)

3.7.5. Coherencia en el registro

Las cualidades ya mencionadas garantizan hasta cierto punto coherencia en el registro general de información en la Blockchain, pero que sucedería en los casos en que existan nodos desincronizados porque no estaban conectados y consideran algunas transacciones fraudulentas por no estar al tanto o nodos que de forma deliberada busquen rechazar alguna transacción e incluso nodos alterados que busquen beneficio propio, pues es aquí donde actúan los mecanismos de consenso. Existen unos cuantos mecanismos de consenso que tienen en cuenta diversos factores a la hora de realizar una votación para hacer que estas sean lo más legítimas posibles. (Singhal, Dhameja, & Panda, 2018, pág. 127)

3.7.6. Auditable

Ya que todos los bloques de la Blockchain están conectados en cadena con el bloque anterior hasta llegar al bloque inicial, se facilita bastante la tarea de auditoría, si se desea verificar una transacción su búsqueda debería ser relativamente rápida gracias a las marcas de tiempo. (Singhal, Dhameja, & Panda, 2018, pág. 127) Además, no es necesario preocuparse por la integridad de la información ya que los datos son inalterables.

3.8. Tipos de Blockchain

Blockchain en sus inicios surgió siendo de un solo tipo, la que se conoce como Blockchain publica, pero debido a los grandes campos de acción en los que se pueden aplicar esta tecnología, según la necesidad han ido surgiendo Blockchain públicas, Blockchain Privadas y una combinación de estas dos, las Blockchain Híbridas, que son las más conocidas. Sin embargo, un último tipo de Blockchain ha ido cogiendo fuerza, este tipo de Blockchain se implementa en la nube y se hace llamar BasS por sus siglas en inglés Blockchain as a Service. Ahora retomemos los otros tipos de Blockchain mencionados anteriormente.

3.8.1. Blockchain Públicas

Las Blockchain públicas son descentralizadas ya que todos los nodos de la red son iguales, es distribuida porque cada nodo en la red mantiene una copia actualizada de la Base de Datos, donde la Base de datos a su vez es mantenida por los mismos usuarios de la red. Una Blockchain publica es consensuada porque maneja algoritmos de consenso descentralizados como la prueba de trabajo o la prueba de participación, las Blockchain públicas suelen ser lentas.

Cualquier persona puede acceder a una Blockchain pública, realizar transacciones y participar en la red sin requerir permisos y de forma anónima, todo lo que tiene que hacer una persona para poder acceder a una Blockchain pública es descargar la aplicación y conectarse a la red de nodos, este tipo de Blockchain usualmente tiene una criptomoneda asociada y a veces da recompensa a los mineros de bloques. Ejemplos de Blockchain Públicas son: Bitcoin, Ethereum, Monero Dash, Litecoin, (Vargas Cruz, 2019)

3.8.2. Blockchain Privadas

Las Blockchain privadas no están abiertas a todas las personas del mundo, la única forma de acceder a una Blockchain privada es por invitación y el control de todo el sistema lo tiene una única entidad, la cual es responsable del mantenimiento de la cadena de bloques, esta entidad

otorga permiso a los usuarios para que puedan tener participación, proponer transacciones y aceptar bloques en la red. (Calvo, BLOCKCHAIN SERVICES, 2018)

Debido a que la Blockchain la maneja una entidad central, la Base de Datos solo esta guardada en servidores centrales y no cualquiera puede acceder a ella ya que se necesita invitación. Este tipo de Blockchain es mayormente usada por el sector financiero y suele ser rápida. Ejemplos de Blockchain privadas son: Monax, Blockstack, Multichain, Hyperledger Fabric y Ripple.

3.8.3. Blockchain Híbridas

Para acceder y participar en una Blockchain Híbrida se necesita ser invitado ósea que este tipo de Blockchain no está abierta a todas las personas del mundo al igual que las privadas, pero, todas las transacciones que se realizan en este tipo de Blockchain son públicas, la gestión de la Base de Datos corresponde usualmente a varias entidades. Las Blockchain Híbridas no tienen una criptomoneda asociada por lo que tampoco recompensan el minado. (PREUKSCHAT, 2017)

Este tipo de Blockchain es usualmente usada por gobiernos, asociaciones y empresas en las que se producen grandes cantidades de transacciones. Finalmente, las Blockchain híbridas se dan cuando varias empresas se agrupan para beneficiarse mutuamente. Ejemplos de este tipo de Blockchain son: B3, EWF y R3.

3.9. Aplicaciones de la Blockchain

La tecnología Blockchain fue diseñada en 2008 e implementada en 2009 por Satoshi Nakamoto únicamente como el núcleo para la criptomoneda Bitcoin, pero a través del paso del tiempo programadores y entusiastas han visto en Blockchain el potencial para poder desarrollarse en diferentes tipos de entornos e industrias. Blockchain a la fecha de este documento no solo sirve como núcleo de la criptomoneda Bitcoin, pero gracias a Bitcoin el dinero digital o criptomonedas están en constante crecimiento.

¿Por qué se usan las criptomonedas?, los principales puntos a favor de las criptomonedas para el usuario que las usa son el anonimato del usuario y la rapidez de las transacciones dada la eliminación de intermediarios innecesarios, lo que también incluye que el costo por transacción sea muy bajo o casi nulo. Un aspecto importante para resaltar es que no por el hecho de eliminar los intermediarios las criptomonedas van a ser menos confiables, ya que gracias al diseño de Blockchain los registros de las transacciones tienen cada uno su forma de autenticarlo.

3.9.1. Sector financiero

Uno de los entornos mencionados anteriormente es el financiero, donde la tecnología Blockchain se ha abierto paso en la industria FinTech. El nombre de esta industria se da por las palabras del inglés Financial Technology, esta industria tiene como su objetivo unir las tecnologías digitales y los servicios financieros. FinTech busca proveer de forma eficiente, ágil, cómoda y confiable servicios financieros. Los clientes de la industria FinTech son las personas, las empresas y los gobiernos. Ejemplos de las aplicaciones de esta industria son los sistemas de pago móviles, los préstamos de persona a persona y los esquemas de financiamiento colectivo. (Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión, 2017)

La empresa financiera JP Morgan Chase & co. además de ser el primer banco relevante de Estados Unidos en implementar una moneda digital, siendo esta criptomoneda llamada JPM coin, desarrollo también la plataforma Quorum la cual es un ejemplo puntual de una aplicación de la tecnología Blockchain en el sector financiero, Quorum usa Blockchain para agilizar y procesar transacciones financieras privadas, registrar datos financieros, emitir bonos y remesas.

Las aplicaciones más usadas de la tecnología Blockchain en el sector financiero son la verificación KYC o “know your client” el cual es un proceso que usan las empresas para identificar y verificar la identidad de cada uno de sus clientes; también esta supply chain o cadena de suministros que abarca desde la planificación, pasa por la ejecución y termina en el control de toda actividad que tenga que ver con el flujo de materiales e información desde la materia prima hasta el producto final; otro uso es la simplificación del proceso de liquidar una

compraventa de cualquier artículo, esto se expresa en un documento llamado remesa; y mencionando más aplicaciones se tienen las soluciones de pago confiable, almacenamiento y gestión de registros, irrupción del seguro digital, eliminación de tácticas oscuras en el mercado de valores, velocidad de procesamiento rápida y la eliminación de las pistas de auditorías redundantes o también conocidas como los senderos de auditoría . (JIMENEZ, 2019)

Con cada una de las aplicaciones anteriormente mencionadas se han dado grandes avances para solucionar dificultades complejas y redundantes que ha tenido el sector financiero, estas dificultades se presentan debido a usar tecnología para ofrecer servicios, por esto a continuación, se hablara de como ayuda la tecnología Blockchain en estas aplicaciones.

Dado el diseño de llave publica y llave privada en Blockchain, muchas entidades financieras tienden a pensar que esta tecnología es peligrosa por el anonimato que puede llegar a ofrecer a los usuarios, sin embargo si el sistema hace un manejo inteligente de las llaves pública y privada esta característica no representa ningún peligro, por esto la tecnología Blockchain se usa para la autenticación, verificación y almacenamiento de registro electrónicos por parte de las empresas financieras lo que genera utilidad KYC para las bolsas de valores.

Los sistemas basados en Blockchain suministran un único flujo de datos o una única fuente de verdad sobre componentes de la cadena de suministro como la solvencia crediticia, el stock en el inventario de los proveedores, información sobre las órdenes de compra e información sobre facturas, debido a esto se tiene un tiempo de respuesta para realizar una liquidación mayor a menor costo.

En una red Blockchain las transacciones no pasan por varios mediadores para ser aprobadas lo que genera que no se requiera trabajo manual, debido a esto el proceso de aprobación de transacciones en Blockchain no es un proceso lento como en los servicios tradicionales. Con aplicaciones basadas en tecnología Blockchain el objetivo principal de las empresas que hacen servicios de remesas, el cual es simplificar este proceso, se cumple debido a que Blockchain

elimina los intermediarios innecesarios, lo que ayudaría a suministrar tipos de pago ágiles y casi instantáneos.

El diseño de Blockchain facilita que los servicios de procesamiento de pago sean eficientes, transparentes y seguros, ya que usa libros contables distribuidos cifrados para asegurar una verificación en tiempo real de transacciones, y conlleva a que estas transacciones sean confiables sin tener la necesidad de utilizar intermediarios como entes bancarios. Sin tener intermediarios y siendo descentralizadas, las aplicaciones Blockchain hacen que las transacciones sean rápidas, seguras y de bajo costo.

Los sistemas que ofrecen control, almacenamiento y gestión de registros dedicados suelen tener un precio elevado y además requieren de la participación de un tercero o intermediario, con Blockchain este no es el caso, como se ha mencionado anteriormente Blockchain elimina los intermediarios innecesarios, también implementa sistemas de circuitos cerrados e incluye la “identidad del documento” para autenticarlo dentro de este mismo, lo que protege los documentos de la manipulación y modificación.

Blockchain impulsa la aparición de los seguros digitales al permitir rastrear y administrar transacciones, generando que el seguimiento de auditoría sea permanente, ayudando a las aseguradoras y a sus clientes a automatizar el tratamiento de reclamos implementando contratos inteligentes y evitando el fraude de seguros.

Si cada banco usara el mismo libro mayor para registrar sobre las cuentas cada operación que se produzca, no como es en la actualidad que cada banco maneja su propio libro mayor, entonces las transacciones serían más rápidas, Blockchain ofrece una velocidad de procesamiento más rápida ya que provee un libro mayor distribuido que en tiempo real permite que todas las partes en una operación financiera se comuniquen.

3.9.2. Aplicaciones de Registro y Verificación de Datos

Las aplicaciones de registro y verificación de datos tradicionales usan bases de datos que son usualmente administradas y gestionadas por intermediarios, las bases de datos tradicionales generan registros que pueden ser fácilmente alterados, en Blockchain como se ha mencionado anteriormente se eliminan los intermediarios, los registros que genera Blockchain son inmutables e inalterables lo que hace que los datos en una Blockchain estén más seguros que en las bases de datos tradicionales.

Todos los sectores hacen registro y verificación de datos, sin embargo, describiremos algunas aplicaciones puntuales como, el sector de la salud donde se puede crear un registro médico único, en el que para cada paciente se registren los datos y el historial médico. El sector inmobiliario, en el que se puede evitar el fraude y manipulación del propietario de un inmueble o terreno, si se crea un registro único en el que para cada inmueble o terreno se registre quien es el propietario y la totalidad de las transacciones de compraventa realizadas sobre el mismo. En el sector automotriz para registrar los vehículos. Otras aplicaciones como proteger la propiedad intelectual y los productos digitales como la música, fotos y libros, mediante el cifrado y almacenamiento de estos como una transacción en una Blockchain diseñada para cumplir con ese fin. Hacer que los registros de nacimiento y defunciones, matrimonios y divorcios, e incluso antecedentes penales puedan ser válidos y legales a nivel internacional en tiempo real, lo anterior se puede lograr implementando este sistema en con tecnología Blockchain.

3.9.3. Cadenas de Suministro

En los sectores de producción y de alimentación se usan constantemente las denominadas cadenas de suministro, las cuales son muy difíciles de supervisar debido a la inmensa cantidad de información que pueden llegar a manejar. Usando Blockchain, la complejidad de hacer seguimiento a todo el proceso de una cadena de suministros se reduce, debido a que todo queda en los registros de cada transacción independiente, además debido a la inmutabilidad de estos registros se garantiza la validez de la información más importante en la cadena de suministros, como lo es la procedencia de los diferentes productos que conforman el producto final.

3.9.4. Almacenamiento Distribuido en la Nube

En una red de almacenamiento basada en Blockchain los datos o archivos se guardarían en un sistema descentralizado entre pares, esto quiere decir que debido a que esta red permite que se creen nodos en diferentes puntos geográficos, la red sería capaz de resistir la caída de cualquier nodo, ya que otro nodo lo reemplazaría en su función y generaría que la red tenga una disponibilidad mayor a servicios como Google Drive o Dropbox.

3.9.5. Contratos Inteligentes

Los contratos inteligentes o Smart Contracts son contratos digitales que se ejecutan automáticamente después de cumplida una o varias condiciones, este tipo de contratos se facilita con Blockchain debido a la característica de inmutabilidad de los registros. Los contratos guardados en la Blockchain tienen dentro de sí, guardados los términos para el cumplimiento del contrato, y una vez se cumplan estos términos, el contrato se autoejecuta. Entre las muchas aplicaciones que se le pueden dar a estos contratos, la que más resalta es la del arrendamiento de bienes como inmuebles o vehículos.

3.9.6. Identidades Digitales

En Blockchain cada usuario tiene asociada a su cuenta una clave criptográfica privada y esta a su vez están asociada a una llave pública. Este sistema de llave pública y privada hace que las identidades de los usuarios no puedan ser manipuladas, es decir ningún usuario puede suplantar a otro a no ser que tenga las credenciales, donde estas credenciales son conocidas por no poder ser sustraída de la red de Blockchain de ninguna forma por ningún intruso.

3.9.7. Seguridad Automatizada

Esta aplicación es la combinación de las identidades digitales y los contratos inteligentes de Blockchain junto con las cerraduras electrónicas. La aplicación de seguridad automatizada sería

completamente automática, ya que basado en si una persona tiene o no permisos, dejaría al individuo acceder o no a un lugar determinado.

3.9.8. Descentralización del IoT

El internet de las cosas o Internet of Things en inglés, usualmente se basa en sistemas centralizados donde un intermediario controla las conexiones entre los dispositivos, esto ralentiza la comunicación entre los dispositivos y hace que sean inseguras cuando se trata del manejo de datos sensibles o del uso de los datos críticos, en Blockchain la comunicación entre dispositivos es segura y fiable, además por cada comunicación elabora un registro inmutable donde se guardan todos los detalles de la comunicación.

3.9.9. Sistemas de Votación

Con Blockchain se solucionan algunos de los problemas más importantes del voto electrónico, con el uso de la llave privada y la llave publica el anonimato del votante y el robo de identidad de los votantes está cubierto. También, este sistema se conoce como uno de los más seguros ya que con la descentralización de Blockchain, un visitante malicioso no podrá obtener nada de los usuarios, a no ser que estos den su clave y contraseña a alguien más. Y finalmente, uno de los problemas más importantes que presentan los sistemas de votación es la incertidumbre sobre si hubo o no fraude electoral, esto se soluciona gracias a la característica de inmutabilidad de la Blockchain.

4. CAPÍTULO IV: VOTO ELECTRONICO

4.1. Introducción al voto electrónico

Habiendo explicado grosso modo la tecnología Blockchain (ya que esta tecnología es mucho más compleja que lo aquí abordado) y antes de abordar la implementación de dicha tecnología en los sistemas de voto electrónico, se hace pertinente entender que son los sistemas de votación y las diferentes alternativas de votación existentes en conjunto a los resultados y el impacto que han producido, todo con el fin de posteriormente mencionar en cuáles de estos sistemas es compatible la tecnología Blockchain y a partir de allí exponer las fortalezas y debilidades que podrían apreciarse en comparación a las demás alternativas de votación.

4.2. Las Elecciones

Las elecciones en un contexto generalizado son un mecanismo de participación para la toma de decisiones, en el cual los miembros de un determinado grupo o también llamados electores hacen uso del voto para elegir una o más representantes, con el fin de que los representantes elegidos ocupen posiciones con relevancia en el grupo por un determinado periodo de tiempo. Ejemplo de las posiciones que puede ocupar quien sea elegido son: el de presidente o alcalde en un contexto político, líder del mismo grupo o presidentes de una compañía en un contexto empresarial. El voto mencionado anteriormente es el medio por el cual un individuo toma una decisión, en base a sus preferencias, por una opción entre dos o más alternativas. Adicional a ello el voto también se utiliza como mecanismo de decisión en mociones o propuestas políticas como por ejemplo el plebiscito, donde se somete a voto popular leyes o actos administrativos.

Aunque los tipos y nombres que se les dan a los tipos votos varían según el entorno y el contexto en el que se está realizando la elección, a continuación se describirán brevemente los tipos de votos usados por los electores, el voto positivo es el que tiene como fin demostrar el apoyo sobre

una opción, el voto en blanco manifiesta que no se apoya a ninguna de las opciones, el voto nulo es el que fue mal realizado y por esta razón no tiene validez, el voto sustractivo resta el apoyo sobre una opción, el voto útil es el que se hace apoyando a la opción que tiene más opciones de ganar y el voto castigo es el que se hace cuando se vota por una opción diferente a la que se apoyó con anterioridad para demostrar el desacuerdo con la gestión dada por esté.

Los tipos de voto también se pueden nombrar según el medio por el mismo sea realizado, a continuación se describirá brevemente estos tipos de votos, el voto presencial es el que el elector realiza en persona en el centro de votación, el voto a distancia es el que el elector realiza por un medio diferente al del centro de votación, el voto por internet se realiza a través de internet, el voto por correo se realiza por medio de correo postal y el voto electrónico es el que usa medios electrónicos para efectuar la votación o para realizar el conteo de votos. (Significados.com, 2016)

4.3. Sistemas de Votación

El sufragio es el derecho constitucional a votar a cargos públicos electos y se ha visto en la gran mayoría de los sistemas democráticos el sufragio como método preferencial de elección a cargos públicos. Históricamente fue bastante común la exclusión de ciertos colectivos en el sufragio, sin embargo, con el avance de las sociedades y la llegada del concepto de igualdad de derechos ahora es más común ver el “sufragio universal” o el “sufragio de igualdad”, donde toda persona adulta tiene derecho a votar sin exclusión alguna. (Pérez Arcia A. A., 2013) Y esto sumado al crecimiento poblacional, los avances tecnológicos, la cultura política de cada nación, entre otros factores, ha generado a lo largo del tiempo diferentes necesidades en cada país en cuanto a la forma en cómo debe realizarse el voto, llegando así a crearse diversos sistemas de votación para adaptarse a tales necesidades.

4.3.1. ¿Qué son los Sistemas de Votación?

De forma general el término “sistemas de votación” puede abarcar muchos conceptos que definen y rigen la ejecución de las votaciones en una nación u organización, ya sea la forma en cómo se cuentan los votos, en cómo se decide el candidato o decisión ganadora y demás consideraciones que puedan llegar a tener dichos sistemas, sin embargo, en el presente documento se entenderá por “sistema de votación” los sistemas a través de los cuales se hace registro, emisión o conteo de los votos.

Los sistemas de votación pueden ser tanto analógicos como digitales. Antes de entrar a hablar sobre la votación electrónica es importante entender un poco sobre el origen y el funcionamiento de los sistemas de votación tradicionales o análogos, los cuales pueden llegar a presentar diversas problemáticas que podrían solucionarse a través de las TIC teniendo en cuenta la actualidad digital en la que vivimos y sin embargo los sistemas de voto análogo siguen siendo son los más usados en la mayoría de los países democráticos.

4.3.2. El Voto Analógico

El voto análogo tal como lo conocemos en la actualidad data del siglo XIX donde se popularizó en lo que eran entonces las primeras democracias y los procesos electorales que estas llevaban a cabo. Uno de los primeros métodos de votación que se pudo ver por aquel entonces era el voto secreto, el cual consistía en reunirse en un punto anónimo con el elector para que este emitiera su voto a través de una papeleta. Mas sin embargo con la creciente idea del sufragio universal, lo que implicaba una mayor cantidad de electores, fue entonces necesario generar otras estrategias para la recolección de los votos, entre ellas y la que es usada en la actualidad es generar puntos de reunión con listas impresas o en aquel entonces escritas a mano y que contienen el nombre de los lectores habilitados a votar en dichos puntos. (ACE Project, s.f.)

En cuanto a la forma de registrar y contar los votos, se han ideado e implementado diferentes métodos de acuerdo con las tecnologías que se han ido desarrollando a lo largo de la historia. Se tiene registro de que, en la antigua Atenas alrededor del siglo V a. C. la votación se realizaba

depositando guijarros de colores en urnas, por otro lado, el uso de papeletas en la votación data del año 139 a. C. en Roma. (Boegehold, 1963)

En cuanto a la votación mecánica se han usado diversos sistemas, el primero de ellos en el Reino Unido en el siglo XIX, donde se utilizaba un mecanismo el cual contaba pelotas de bronce que los electores dejaban caer en las urnas de sus candidatos. A finales del siglo XIX en Estados Unidos se patentó una máquina de votación que permitía elegir por oficina y partido con una serie de botones. También en Estados Unidos se usó durante la mayor parte del siglo XX un mecanismo de palancas por el cual el elector debía accionar la palanca correspondiente a su selección, el sistema impedía que se realizaran sobre votos por persona y en este mismo país se llegó a utilizar también un mecanismo de votación con tarjeta perforada, donde una maquina perforaba las tarjetas según las elecciones del votante y luego se contaban con un mecanismo neumático. También han sido patentadas y/o utilizadas otras variantes a estos mecanismos, sin embargo, el voto manual con papeleta a pesar de ser el más arcaico es el más utilizado en la actualidad.

La votación análoga por papeleta, a pesar de ser el sistema más utilizado actualmente presenta diversos problemas, algunos de los más notorios son:

- El retraso en el conteo de los votos
- El desplazamiento hasta el sitio de votación
- Largas esperas para votar
- Posibilidad de fraude en los votos

Siendo este último el más preocupante, puesto que es un proceso en el que intervienen completamente personas y los resultados pueden llegar a variar de acuerdo con las intenciones de algunos de los individuos o colectivos implicados en las distintas etapas del proceso electoral, ya sean alteraciones en el conteo de votos o caso omiso a las irregularidades por parte de los entes de vigilancia o regulatorios. Como evidencia a esta situación, en Colombia la MOE (Misión de Observación Electoral) es el ente encargado de registrar las irregularidades detectadas y en sus reportes se pueden encontrar todas las irregularidades y reportes detectados en los procesos de cada elección.

Muchos de los problemas ya mencionados podrían solucionarse a través de la votación electrónica, sin embargo, son muchos los factores que interfieren en la modernización de los sistemas de votación, como lo puede ser el alto presupuesto necesario planificar e implementar un sistema electrónico de votación, el poco interés por parte de los entes encargados en el proceso, el analfabetismo o dificultad de acceso a recursos informáticos de algunos electores, e incluso la desconfianza que podrían llegar a tener sobre los medios digitales. En su mayoría, los electores no confían en la tecnología ya que comparan la seguridad en los procesos de votación electrónica con otras actividades relacionadas al uso de internet o que podrían perder su anonimato en el voto, es así como muchos de los electores prefieren hacer su voto de forma presencial y con su “puño y letra” utilizando lápiz y papeletas. (Gascón, 2020)

4.4. El Voto Electrónico

Los sistemas en los que el registro, la emisión o el conteo de los votos en elecciones involucra el uso de tecnologías de la información y las comunicaciones o por su abreviación TIC, pueden ser llamados sistema de voto electrónico. El voto electrónico es una herramienta que, con una planificación adecuada y un diseño minucioso, logra que los procesos electorales sean eficientes ya que logra que el voto sea seguro, acelera el procesamiento de los resultados y facilita el proceso de votación. (INSTITUTE FOR DEMOCRACY AND ELECTORAL ASSISTANCE, 2012)

Los sistemas de voto electrónico al estar implementados en las TIC tienen una gran variedad de formas de ser implementados, sin embargo, los dos tipos de sistemas de voto electrónico que además abarcan la totalidad y variedad de sistemas de voto electrónico que existen son los sistemas de voto electrónico en el sitio de votación y los sistemas de votación a distancia.

Los sistemas de voto electrónico en el sitio de votación como su nombre lo indica, son los sistemas de voto electrónico en los que el elector o también llamado votante, debe estar presente en el sitio de votación y usualmente se ingresa al sitio de votación con una credencial física que verifique la identidad de la persona. En este tipo de sistemas, la información del voto y el votante

no son enviadas a través de internet u otro tipo de redes, ya que usualmente el voto es realizado mediante máquinas de registro electrónico directo, la interfaz usual en este tipo de máquinas es una pantalla táctil o un escáner que exploran la papeleta de votación en busca de la marca del elector, y la información que es escaneada se guarda en la misma máquina. (ACE Project, s.f.)

Los sistemas de votación a distancia son más complejos que los sistemas de voto electrónico en el sitio de votación, dada toda la planificación y logística que hay detrás de ellos, además de que son más impopulares entre la gente dada la inseguridad de no saber hacia dónde y quien puede ver o incluso manipular su voto. Los sistemas de votación a distancia usan el internet como medio del envío de la información del voto y el elector, en estos sistemas el elector desde cualquier lugar con un computador o dispositivo inteligente, como un smartphone o Tablet que tengan acceso a internet, pueden votar sin problema alguno por medio de un sitio web o una aplicación determinada para este fin, los electores podrán votar libremente mientras tengan las credenciales necesarias como un usuario y una contraseña. Aunque los sistemas de votación usan usualmente internet para mandar información, medios como el correo postal, el fax o el teléfono fijo pueden ser usados como métodos para el voto electrónico a distancia.

4.4.1. Métodos de Voto Electrónico

En este numeral se describen los principales medios en los que se implementan los diferentes tipos de votos electrónicos, algo que se aclara es que estos medios pueden ir desde componentes tecnológicos simples que están diseñados para la emisión, recepción y conteo de votos, hasta complejas redes de componentes tecnológicos distribuidos, donde cada uno de los componentes tiene como finalidad ejecutar una función única , con el objetivo de mejorar características como la seguridad del voto electrónico.

RED Registro Electrónico Directo o también conocidas como urnas virtuales, son máquinas de votación en sitio que graban el voto del elector por medio de una representación de una papeleta de votación digital, estas máquinas están diseñadas de forma física para tener botones y una pantalla como las máquinas de votación de India o una pantalla táctil como las máquinas de

votación de Brasil o Venezuela, estas máquinas procesan los votos mediante software integrado y los registra en componentes de memoria removibles como un USB, CD o un SD, el avance más actual que tienen las maquinas RED son los sistemas de votación RED de red pública, los cuales tiene como agregado el método de registro de votos a través de redes telemáticas para ser guardados en un servidor central. Uno de los puntos más importantes de estas máquinas es que pueden tener integrados, o no, un componente impreso por el votante, al que también se le conoce como Voter-verified paper audit Trail o VVPAT por sus siglas del inglés, el componente VVPAT tiene como fin dar una prueba física del voto realizado. (Instituto Internacional para la Democracia y la Asistencia, 2011)

OMR Reconocimiento Óptico de Marcas o también conocidas como máquinas de lectura óptica, estas son máquinas de votación en sitio y emplean un escáner óptico, con el fin identificar las marcas realizadas previamente por el votante sobre un tarjetón o papeleta, la información del voto obtenida del tarjetón puede ser contabilizada por la misma maquina o puede ser registrada y enviada por un medio telemático a un servidor central para ser contabilizada. Ejemplo de esta máquina son los países Estados Unidos y Argentina los cuales usan esta tecnología en sus elecciones. (Exteriores gob)

Sistemas mixtos también conocidos como impresoras de papeletas electrónicas, estos sistemas usan las maquinas RED para que el votante seleccione e imprima el tarjetón con la opción elegida ya marcada, este tarjetón impreso es ingresada por el elector en una maquina OMR para ser escaneado y registrado de forma automática. Un ejemplo de este tipo de sistemas se puede encontrar en Bélgica donde es usar mayormente para realizar las elecciones. (Alzate, Señal Colombia, 2019)

Los sistemas de votación por internet o sistemas de voto en línea son sistemas los cuales permiten que los votos puedan ser realizados desde cualquier dispositivo como computadoras públicas, urnas de votación o dispositivos personales que estén habilitados para este fin, una de las características más importantes de este tipo de sistemas es que se puede realizar la votación desde cualquier lugar con acceso a internet. Los votos en este tipo de sistemas son emitidos

desde alguno de los dispositivos mencionados anteriormente, después este mismo voto se registra y contabiliza en un servidor central. Ejemplos de este tipo de sistemas son aplicados por Suiza, Noruega, Estonia, Estados Unidos, Reino Unido e Irlanda para sus elecciones. (aceproject, 2010)

4.4.2. El Impacto de la Implementación del Voto Electrónico

Entre los retos para la implementación del voto electrónico están siempre constantes dos factores, el hecho del alto costo en la inversión inicial que se requiere para la implementación de estos sistemas y la desconfianza que genera para los votantes y los entes encargados de llevar a cabo las votaciones, y el hecho de que los sistemas de voto electrónico más usados conviertan las votaciones en un proceso automatizado, al menos en lo que respecta a la expedición y el conteo de votos, sin la necesidad de interferencia humana. Los países y organizaciones que han pasado ya sea por tener la idea de utilizar el voto electrónico, por la fase de planeación, o directamente lo han implementado son evidencia del impacto, pudiendo ser este positivo o negativo en comparación a los sistemas de voto manual o tradicional. A continuación, se describirán algunos de estos casos de implementación, centrándonos mayormente en los casos de implementación de voto electrónico por parte de los países, ya que estos requieren alto estándares en lo que respecta a capacidad de usuarios, transparencia y seguridad del voto, siendo los factores más importantes la exactitud y veracidad en el cálculo y conteo de los resultados de las votaciones.

En Brasil el voto electrónico se implementó en 1996 con el objetivo de tener una mayor transparencia en las votaciones con lo que respecta al fraude electoral, este país cuenta con una base de ciento cuarenta y ocho millones de votantes, con la implementación del voto electrónico en Brasil se obtuvieron ventajas como la facilidad de acceso al voto para los votantes de las partes rurales del país, facilidad para registrar el voto por parte de los votantes, el conteo de votos y las difusión de resultados se realiza de en un corto periodo de tiempo , sin embargo, la ventaja más importante que obtuvo Brasil al implementar el voto electrónico es la eliminación de fraude en el conteo de votos y en la agregación de los resultados. (Zuleta, 2003)

El voto electrónico se implementó en India en el año 1998 y para el año 2004 fue constituido como el único medio de votación, gracias a la rapidez de la publicación de los resultados de las votaciones. India tiene una población de novecientos millones de habitantes al año 2020, por esta razón es el país con el mayor número de votantes del mundo, además es un país que tiene un contexto de altos niveles de analfabetismo, ruralidad y multiplicidad de lenguas, lo implico varios retos para la implementación del voto electrónico, sin embargo, gracias a que las maquinas usadas en india son portátiles, de diseño y ensamble nacional y su fuente de energía es una batería, retos como la geografía y la multiplicidad de lenguas de India fueron superados de forma rápida. (CIVIL, s.f.)

Estados unidos es un caso especial entre los países que aplican sistemas de votación electrónica, este país implementa cuatro diferentes sistemas de votación para realizar sus elecciones, el primero de ellos es el esquema de tarjetas perforadas el cual es un sistema de voto análogo, el cual ya fue descrito, la característica más importante y por la cual se sigue usando este sistema de votación, es debido a que para las personas de tercera edad que ya están acostumbradas a este sistema es más sencillo seguir usándolo y por otro lado están algunas personas de determinados grupos desconfían de la seguridad y veracidad de los resultados de los otros tres sistemas que se implementan para realizar las votaciones y en especial. El segundo sistema que es usado para realizar las votaciones es el registro electrónico directo el cual es usado por el 33.22% de los votantes y que además se usa en las dos versiones descritas, el tercer método que implementa Estados Unidos es un sistema de votación mixto y es usado por el 66% por los votantes. El ultimo sistema es el menos usado ya que es una implementación relativamente nueva en este país y se trate de los sistemas de votación por internet, los cuales son usados en su mayoría por votantes jóvenes y votantes en el exterior del país. (CIVIL, s.f.)

4.4.3. Ventajas y Desventajas del Voto Electrónico

Los sistemas de voto electrónico individualmente tienen ventajas, fortalezas, desventajas y debilidades entre ellos, sin embargo, este numeral se centrará en explicar de forma breve y

concisa, las características que presenta el voto electrónico sobre, el tipo de voto que se hace de forma análoga y en sitio, al cual se conoce como método de voto tradicional.

Las ventajas comúnmente conocidas de los sistemas de voto electrónico pueden ser resumidas en cuatro, la certidumbre y confiabilidad que presentan estos sistemas al eliminar el error humano en la fase de determinar los resultados de la votación, la economía de tiempo y costos al implementar los sistemas de voto electrónico al evitar la logística, coordinación e impresión de diferentes recursos. Sin embargo, con el fin de tener mayor comprensión de los pros de los sistemas de voto electrónico, se encuentra que el autor Julio Téllez Valdés en su libro “El voto electrónico” (Valdés, 2010) abarca y define de forma concisa la gran variedad de ventajas y desventajas que poseen los sistemas de voto electrónico. Las ventajas que el autor define para el voto electrónico son:

- Facilitar el proceso de votación, ya que ofrece datos fiables y rápidos en cuanto a recepción de votos y resultados.
- Permite a las personas ejercer su voto desde cualquier lugar del mundo.
- Los votantes pueden verificar la elección en la que voten en todo momento.
- Se obtienen y publican los resultados oficiales pocas horas después de cerrado el proceso de votación.
- Se ahorran recursos financieros, ya que no es necesario imprimir los tarjetones de la elección y los certificados respectivos, se constituyen menos “mesas electorales”, se despliega menor logística por parte de los miembros encargados.
- Dado que son sistemas, que recogen de manera inmediata y a bajo costo, la decisión de los votantes, por ejemplo, los gobiernos, organizaciones o comunidades podrían realizar votaciones con diferentes fines que posean un modelo de democracia participativa, en cualquier momento y lugar.
- El uso de la urna electrónica no sólo aligerará la carga de trabajo de los funcionarios que sean encargados de supervisar el proceso de votación, sino que podrá reducir los errores humanos, simplificar las tareas, aumentar la rapidez en la obtención y difusión de resultados y, adicionalmente, generar importantes ahorros en la documentación y materiales usados para la votación.

- Hay una alta tasa de incrementar los votantes, ya que pueden realizar la votación desde cualquier lugar, por ejemplo, la casa, el trabajo o la escuela.
- Se reduce de completamente la pérdida de tiempo del votante generada por esperar en largas filas, dado el caso que haya gran cantidad de votante, en el día de la elección.
- El factor ecológico al reducir el consumo de materias primas en papelería y urnas de cartón.

Las desventajas que el autor define para el voto electrónico son:

- Puede generar desempleo, debido a que muchas personas que trabajan en el proceso de votación son despedidas o dejan de ser contratadas.
- Son elevados los costos de implementación tanto de hardware como de software, incluyendo el mantenimiento, licencias, soportes y capacitación. Esto puede ser a la larga costeable si se toma en cuenta la utilización de tecnología que perdure y no se vuelva obsoleta rápidamente, precisando que puede ser ocupado en distintos entornos de votación, y el gran gasto es sólo al principio.
- Podría no garantizarse la privacidad y el secreto de la elección, además de que la información electoral, si no cuenta con los candados suficientes, puede ser manipulada si no se tiene la estructura de seguridad informática necesaria y la debida capacitación de recursos humanos.

Además de los pros y contras mencionados anteriormente podemos agregar las siguientes fortalezas y debilidades enumeradas en el libro “Una introducción al voto electrónico” publicado por El Instituto Internacional para la Democracia y la Asistencia Electoral o abreviando su nombre IDEA (Instituto Internacional para la Democracia y la Asistencia, 2011), donde se tienen en cuenta diferentes aspectos, sin embargo, nos centraremos en los aspectos no mencionados por el autor Julio Téllez Valdés en su libro. Las fortalezas son:

- Eficiencia en el manejo de sistemas electorales complicados que requieren procedimientos de conteo laboriosos.
- Mejora en la presentación cuando los tarjetones son estructurados de forma compleja.
- Mayor accesibilidad, por ejemplo, mediante el uso de “audio-votos” para votantes con discapacidad visual, y con el voto en línea para los votantes que no puedan salir de sus viviendas y quienes residan en el extranjero.

- Interfaces multilingües para aquellos países o empresas donde se habla más de un idioma, solución más práctica que el voto de papel.
- Disminución en el número de papeletas anuladas ya que el sistema de votación puede advertirle al votante cuando un voto quedará invalidado.

Las debilidades del voto electrónico son:

- Mayores requerimientos de infraestructura y medioambientales, por ejemplo, asociados al suministro eléctrico, la tecnología de las comunicaciones, temperatura, humedad.
- Para los votantes que tengan poca experiencia con la tecnología, el sistema de voto electrónico es cerrado y poco comprensible.
- Se requiere una certificación del sistema, pero no hay parámetros ampliamente aceptados para tal certificación.
- Gran dependencia del sistema con el proveedor y/o de la tecnología.
- Mayores requerimientos en términos de seguridad para proteger el sistema de votación durante y entre las elecciones, incluyendo durante el transporte, el almacenamiento y el mantenimiento.
- Aumento en los costos por la compra y mantenimiento del sistema de voto electrónico.
- Riesgo de manipulación por parte de personal interno con acceso privilegiado al sistema, o bien de “hackers” ajenos al mismo.

5. CAPITULO V: VOTO ELECTRÓNICO CON TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN

5.1. Introducción al Voto Electrónico con Tecnología Blockchain

Entendiendo como funciona la tecnología de registros distribuidos “Blockchain”, los beneficios que esta puede ofrecer en cuestiones de seguridad e integridad de la información y su aplicabilidad en diversos ámbitos y, habiendo estudiado los diferentes sistemas de votación junto a sus ventajas y desventajas, se facilita entonces relacionar estos dos conceptos con el fin de generar un estado del arte sobre el voto electrónico basado en tecnología Blockchain, tema principal del presente capítulo.

En el presente capítulo se abordan diferentes propuestas planteadas en cuanto a sistemas de votación que implementan la tecnología Blockchain, se pretende exponer las muchas ventajas y fortalezas que se podrían percibir en el caso de implementar dicho sistema en comparación a los demás sistemas de votación, y de igual forma mencionar las desventajas y dificultades que se tendrían con el sistema Blockchain. Finalmente se hará un recuento de las implementaciones ya existentes como servicios en el mercado e incluso implementaciones llevadas a cabo por distintas naciones junto a sus correspondientes resultados.

El principal objetivo a la hora de querer implementar un sistema de votaciones con tecnología Blockchain es mantener la integridad de la información y por tanto la legitimidad de los votos, reduciendo así los casos de fraude electoral a la par que se procura mantener e incluso se mejoran los demás aspectos de los sistemas de votación tradicional como lo son la accesibilidad, el anonimato, entre otros. Sin embargo, es importante entender que para llegar a implementar este tipo de sistema se presentan algunas dificultades, para lo cual es necesario que haya un compromiso de todos los involucrados en el proceso electoral, especialmente de los electores.

5.2. Propuestas planteadas

A continuación, se mencionan algunas de las propuestas realizadas hasta la fecha para implementar Blockchain y reemplazar o mejorar algunos de los sistemas tradicionales:

5.2.1. El Voto por Correo Postal y Blockchain

Se tomara como ejemplo el sistema de votación por correo de postal en España, en este país un millón treientos cuarenta y dos mil setecientos veinticinco ciudadanos solicitaron el voto por correo postal en las elecciones generales de 2019, las complicaciones que tiene este sistema de votación, aparte de que la lentitud, la falta de facilidades y la poca transparencia, es que las oficinas postales colapsan en los tiempos de repartir los votos y en los tiempo de recibir los costos, generando que el proceso sea tedioso tanto para el personal de las oficinas postales tanto para los votantes, haciendo que estos, los votantes, tengan que hacer largas filas en el momento de entregar sus votos e incluso en algunos casos los votantes se quedan sin sus papeletas en el momento en que la oficina postal reparte los tarjetones. Con el uso de votación electrónica implementando Blockchain el problema de la lentitud y la poca transparencia de este sistema de votaciones quedaría resuelto al conseguir una mayor seguridad en los votos al eliminar el uso de los tarjetones, dadas las características de Blockchain el hecho de que el voto sea manipulado de alguna forma es casi imposible, además gracias a la trazabilidad de transacciones que permite Blockchain la desconfianza de los ciudadanos podría disminuir en gran medida. (POLLOCK, 2018)

5.2.2. Máquinas de Votación Basadas en Blockchain

Se puede llegar a relacionar los sistemas de votación basados en Blockchain solo con la votación a distancia, sin embargo, en marzo del año 2020 la compañía internacional de ciberseguridad Kaspersky presento el prototipo de una máquina de votación basada en la plataforma Polys para votaciones en línea con tecnología Blockchain. El objetivo de esta máquina no es ser el único medio de votación en unas elecciones, debido a que funciona con la plataforma Polys, si no que

cualquier persona pueda votar, ya sea que prefiera la votación en sitio o la votación a distancia. (Gonzalez, 2020)

5.3. Ventajas y Fortalezas

En la mayoría de las votaciones que se realizan alrededor del mundo se usan tarjetones, pudiendo estos ser físicos o virtuales, lo que da que pie a que existan agujeros de seguridad en dichos sistemas de votación, como se mencionó anteriormente la tecnología Blockchain, dadas sus características, asegura que toda la información guardada y todas las transacciones que se realicen dentro de la misma red sea inmutable y que además sea transparente. Los sistemas de votaciones basados en Blockchain no pierden estas características, si los votos, los resultados parciales y los resultados finales de una votación se guardaran en una red Blockchain, los votantes en cualquiera momento, en tiempo real y desde cualquier lugar con un dispositivo con acceso a internet y a la red Blockchain, dispondrían de una plataforma de votación segura y transparente en lo referente a gestión y provisión de información. Los datos en esta plataforma no podrían ser alterados y en caso de que llegase a ocurrir una alteración en estos datos, quedaría guardada y podría ser vista por los votantes, además, la tecnología Blockchain permite que se defina diferentes roles en la red, por lo cual se pueden establecer mecanismos de seguridad basados en el control de acceso a la información. (González, 2019)

Los tokens en Blockchain pueden ser un elemento crucial para los sistemas de votación basados en esta tecnología, debido a que las redes Blockchain se pueden configurar para que la cantidad de tokens no pase una determinada cantidad, por lo cual si antes de emitir los votos, que en este caso vendrían a ser los tokens en la red Blockchain, se define la cantidad total de personas que están habilitadas para votar y a estas personas se les asigna un token intransferible entre usuarios de la red, se reduciría la posibilidad de fraude debido a que no podrían aparecer más votos de los que estaba como límite y además al estar cada token ligado a un votante se evita la suplantación de votos. Además, los tokens pueden tener una fecha de vencimiento, por lo cual, todo voto emitido después de esta fecha sería descartado inmodicadamente por la red y dado el caso llegase a ser válido por algún motivo, el culpable quedaría totalmente expuesto. (González, 2019)

5.4. Desventajas y Dificultades

Uno de los grandes retos con los que se asocian los sistemas de votaciones basados en Blockchain es la anonimidad de los votantes, sin embargo, este no tiene que ser necesariamente el caso ya que dada la naturaleza de Blockchain, se puede usar esta tecnología en conjunto con otras aplicaciones para gestionen la identidad de los votantes.

La forma en la que se implementan las votaciones electrónicas basadas en tecnología Blockchain puede llegar a generar desconfianza en las organizaciones y gobiernos, ya que en la mayoría de los casos no pueden tener el control de todo el sistema, dado el hecho de que es una nueva tecnología en auge, hay pocos expertos lo que genera que las implementaciones sean realizadas por organizaciones externas que se dedican al sector de la ciberseguridad, sin embargo la gestión del sistema puede estar a cargo de la organización o gobierno que requiera el servicio de votación. Se tiene que dejar en claro el hecho, de que en sistema de votación con tecnología Blockchain el proceso de la emisión, recuento parcial y recuento total de los votos es totalmente automatizado y gestionado por esta tecnología, de la parte que estaría encargada la organización o gobierno, es definir los parámetros de las votaciones y la publicación de los resultados que arroje la red Blockchain.

Una de las mayores desventajas que tiene Blockchain en general, es que según va creciendo la red tanto en usuarios como en transacciones, comienza a requerir más recursos, llegando incluso a ser excesivo y poco rentable, sin embargo, dado el caso de uso de las votaciones electrónicas este es un reto llevadero, ya que las votaciones no se llevan a cabo con regularidad sin en periodos de tiempo establecidos.

5.5. Implementaciones Realizadas

La tecnología Blockchain es reciente y principalmente es asociada a las criptodivisas, sin embargo, dadas las características de Blockchain de “bases de datos descentralizadas e inmutables” ha despertado el interés de varios individuos y organizaciones que han llevado a

cabo el desarrollo de plataformas para distintos fines, de igual forma, incluso algunas naciones han llegado ya a implementar estas tecnologías. A continuación, se describen las plataformas que se han desarrollado con el fin de realizar votaciones electrónicas e implementaciones de sistemas de votación electrónica basados en Blockchain.

5.5.1. Plataformas para Realizar Votaciones

Votem en 2017 realizó la publicación de una plataforma de votación móvil, esta plataforma está diseñada para que las votaciones se realicen desde una aplicación en un celular inteligente. La plataforma usa una red Blockchain privada, que puede ser manejada por el gobierno o por una organización, los votantes se registran para usar la aplicación, la cual vincula las credenciales del votante con una lista de registros para poder verificar el usuario. Esta plataforma hace que el proceso de las votaciones quede parcialmente automatizado, ya que una vez un votante envíe su voto, es registrado y contado en el mismo instante. (VOTEM, s.f.)

Voatz es una aplicación de votación móvil privada la cual se basa en Blockchain, el concepto de esta plataforma nació en el SXSW Hackathon 2014 y fue creada por Nimit Sawhney. En el 2018 esta plataforma fue usada en Virginia para permitir a 144 votante extranjeros emitir sus votos, en el 2019 Denver, Colorado y Utah usaron esta plataforma para emitir votos en el extranjero durante las elecciones. (Voatz, s.f.)

Polys es una plataforma lanzada en noviembre de 2017 por la organización Kaspersky Lab y es una plataforma que está basada en los contratos inteligentes de Ethereum. Esta plataforma fue diseñada con el objetivo de lograr votaciones seguras, escalables y anónimas, por lo que, con este fin en mente, no funciona directamente con los datos de las votaciones, sino que realiza los cálculos de las votaciones con datos encriptados para asegurar la anonimidad del voto, los datos encriptados están hecho de forma que sea una tarea sencilla monitorearlos y auditarlos. (Polys, s.f.)

Coinstack v3.0 es una plataforma para votaciones Blockchain desarrollada en Corea del Sur y es el primer sistema de votaciones electrónicos en conseguir la certificación de calidad internacional que otorga el gobierno, certificado que obtuvo en el 2016. Esta plataforma fue lanzada en diciembre del año 2016 por la empresa Blocko. Esta desarrollada con el fin de que los desarrolladores puedan elaborar sus propias aplicaciones a partir de la misma plataforma. Coinstack funciona con la red Blockchain de Bitcoin y es compatible con los contratos inteligentes de Ethereum, sin embargo, también permite desplegar una red privada de Blockchain propia. (Duarte, 2018)

Boback es una plataforma para votaciones Blockchain desarrollada por la organización Monax, con el objetivo de construir un sistema de votaciones multi jurisdiccional, esta plataforma funciona con el proyecto de tecnología Blockchain de código abierto Hyperledger basándose en los contratos inteligentes de Ethereum, donde el país o la organización es la encargada de publicar el contrato inteligente para permitir que los votantes habilitados puedan emitir su voto. (Calvo, BLOCK CHAIN SERVICES, 2019)

Secure Vote es una plataforma de votación electrónica en Blockchain y tiene como enfoque la transparencia y eficacia en el voto, esta plataforma fue desarrollada en 2017 por XO.1, está desarrollada en la red de Bitcoin y se puede usar desde celulares inteligentes o máquinas de votación que se conecten a internet. (Griffith, 2017)

Agora fue desarrollada en el Instituto Federal de Tecnología de Suiza, es un sistema de votación basado en Blockchain que permite a cualquier persona habilitada en la red, pueda votar en línea desde cualquier dispositivo con conexión a internet, el objetivo de este sistema es que el voto sea seguro y fácil. (ZUCKERMAN, 2018)

5.5.2. Implementación de Votaciones Blockchain

I-voting es el sistema de votación electrónica a distancia por internet que implemento el país Estonia, el sistema fue implementado en el 2005 y ha tenido gran popularidad entre los votantes de este país, llegando a alcanzar un uso del 44% en las elecciones parlamentarias del 3 de marzo del 2019. Para que un votante pueda emitir su voto por medio de este sistema de votación requiere, un computador que tenga conexión a internet, la tarjeta de identificaciones nacional lo cual identifica al votante como ciudadano y un lector especial de tarjetas, una característica especial que contiene este sistema es que el votante puede cambiar su elección en el voto tantas veces como quiera, hasta la hora de cierre de la jornada. (Martínez, 2019)

En Corea del Sur, con el fin de evitar que agencias gubernamentales u organizaciones de terceros tomara parte en el proceso electoral de elegir proyectos de ayuda comunitaria, la provincia de Gyeonggi-do implemento la plataforma de votaciones Blockchain de Coinstack. (Rivero, 2018)

En Rusia, a través de una estrategia implementada por el gobierno llamada Active Citizen, en el año 2017 se realizó la primera prueba de elecciones en este país mediante votaciones electrónicas basadas en tecnología Blockchain, en el año 2019 más de diez mil personas en Moscú emitieron su voto a través de esta plataforma. El gobierno ruso afirmo: "Blockchain garantiza que los datos nunca se perderán o cambiarán una vez que se hayan enviado al sistema. Nada de lo que entra en Blockchain se puede modificar o eliminar. Todos los miembros del sistema conservan y actualizan una copia de estos datos", sin embargo, no todo es bueno en torno a esta plataforma dado que es tan impenetrable en lo que a seguridad se refiere, que no se le pueden realizar auditorías para verificar si se realizó fraude o no en una elección. (Alzate, Señal Colombia, 2019)

6. CONCLUSIONES

Blockchain ha venido popularizándose desde hace al menos una década y ha demostrado ser una tecnología bastante robusta, capaz de manejar grandes volúmenes de transacciones de información a la par que mantiene su integridad en todo momento, tanto así que su principal uso gira en torno a sistemas financieros con las transacciones de criptodivisas, denotando lo fiable que es la tecnología. Sin embargo, su usabilidad no está limitado solo a las criptodivisas, es posible aplicar dicha tecnología en otros ámbitos y entre ellos las votaciones electrónicas.

Implementar la tecnología Blockchain en los sistemas de votación electrónica puede propiciar grandes beneficios en los sistemas electorales de una nación, el principal de ellos es la legitimidad de los votos gracias a la integridad e inmutabilidad de los datos que ofrecen los bloques encadenados, adicionalmente se cuenta con la transparencia, anonimato y eficiente auditabilidad que proveen.

Comparado a los sistemas tradicionales de votación, las votaciones electrónicas con Blockchain ofrecen una serie ventajas, entre ellas es posible eliminar la necesidad de desplazarse hasta un punto de reunión para votar o en otros casos de reducir las colas y tiempos de espera en el momento de votar, contribuir al medio ambiente al no hacer uso de papeletas, el conteo de votos y publicación de resultados es casi inmediato por ser un medio digital, la accesibilidad puede ser mayor ya que la tecnología puede moldearse para funcionar tanto en plataformas físicas como digitales.

A pesar de todas las ventajas que propicia, los sistemas de voto electrónico con Blockchain primero deben superar un conjunto de dificultades para lograr su implementación en las distintas naciones, siendo la inseguridad de las personas a los medios digitales o el miedo a no tener el control por parte de algunos gobiernos los factores más determinantes en impedir este avance digital. Sin embargo, ya hay países que han dado un paso adelante y han realizado diferentes

implementaciones, obteniendo resultados positivos en el proceso y declarando que tienen intención de seguir usando la tecnología, abriendo así un nuevo panorama en cuanto a innovación de los sistemas de votación actuales.

Ya conociendo el panorama general sobre la votación electrónica con base a tecnología Blockchain y sabiendo que la implementación de esta depende en gran medida de los electores, es entonces que nos preguntamos, ¿será posible implementar prontamente dicho sistema con el fin de mitigar las diversas situaciones de fraude electoral detectadas en las diferentes naciones?

BIBLIOGRAFÍA

- Instituto Internacional para la Democracia y la Asistencia. (2011). *Una introducción al voto electrónico*. (A. V. Soto, Trad.) Estocolmo: PolicyPaper. Recuperado el 22 de 11 de 2020, de <https://www.idea.int/sites/default/files/publications/una-introduccion-al-voto-electronico.pdf>
- ACE Project. (s.f.). *aceproject.org*. Recuperado el 17 de 11 de 2020, de https://aceproject.org/ace-es/focus/fo_e-voting/onePage
- aceproject. (Juliio de 2010). *E-voting*. Recuperado el 28 de Noviembre de 2020, de aceproject: <http://www.aceproject.org/ace-en/focus/e-voting/countries>
- Alzate, S. A. (17 de 10 de 2019). *Señal Colombia*. Recuperado el 24 de 11 de 2020, de <https://www.senalcolombia.tv/general/voto-electronico-elecciones-democracia-colombia>
- Alzate, S. A. (17 de 10 de 2019). *Señal Colombia*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de <https://www.senalcolombia.tv/general/voto-electronico-elecciones-democracia-colombia>
- Barbero, M. L. (2018). Revisión de la capacidad de transparencia y confianza que ofrece la tecnología Blockchain. *Revista Peruana de Ciencia de la Computación y Sistemas de Información*, 16. Recuperado el 24 de Agosto de 2020
- BBVA. (29 de Julio de 2020). *Qué es un 'token' y para qué sirve*. Recuperado el 11 de Octubre de 2020, de <https://www.bbva.com/es/que-es-un-token-y-para-que-sirve/>
- Binance Academy. (s.f.). *La Historia de Blockchain*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2020, de <https://academy.binance.com/es/blockchain/history-of-blockchain>
- Boegehold, A. (1963). Toward a study of Athenian voting procedure. En A. Boegehold, *Hesperia: The Journal of the American School of Classical Studies at Athens* (págs. 366-374).

- Calvo, M. (18 de Julio de 2018). *BLOCKCHAIN SERVICES*. Recuperado el 11 de Octubre de 2020, de <http://www.blockchainservices.es/novedades/conoce-los-diferentes-tipos-de-blockchain/>
- Calvo, M. (6 de 2 de 2019). *BLOCK CHAIN SERVICES*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de <https://www.blockchainservices.es/novedades/6-sistemas-electorales-que-usan-el-potencial-de-la-blockchain/>
- CIVIL, R. N. (s.f.). *registraduria.gov.co*. Recuperado el 24 de 11 de 2020, de <https://www.registraduria.gov.co/Experiencias-internacionales-sobre.html>
- Cointelegraph. (s.f.). *Blockchain: Qué es y cómo funciona. Guía para principiantes*. Recuperado el 11 de Octubre de 2020, de <https://es.cointelegraph.com/bitcoin-for-beginners/how-blockchain-technology-works-guide-for-beginners>
- CSUC. (s.f.). *Qué es el voto electrónico*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de <https://www.csuc.cat/es/e-administracion/voto-electronico/que-es-el-voto-electronico>
- Duarte, M. R. (06 de 08 de 2018). *AMERICA LATINA EN MOVIMIENTO*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de <https://www.alainet.org/es/articulo/194550>
- Exteriores gob. (s.f.). *exteriores.gob.es*. Recuperado el 24 de 11 de 2020, de <http://www.exteriores.gob.es/Portal/es/PoliticaExteriorCooperacion/DerechosHumanos/Documents/la%20observaci%C3%B3n%20del%20voto%20electr%C3%B3nico.pdf>
- Gascón, M. (3 de Noviembre de 2020). *Elecciones en EEUU: ¿por qué la sociedad más digitalizada de la historia todavía usa papel y lápiz para votar?* Recuperado el 27 de Noviembre de 2020, de 20 minutos: <https://www.20minutos.es/noticia/4441645/0/elecciones-en-eeuu-por-que-la-sociedad-mas-digitalizada-de-la-historia-todavia-usa-papel-y-lapiz-para-votar>

- Gonzalez, L. (4 de 3 de 2020). *iT SITIO*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de <https://www.itsitio.com/us/kaspersky-presenta-la-primera-maquina-votacion-basada-blockchain/>
- González, S. (28 de 4 de 2019). *Retina*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de https://retina.elpais.com/retina/2019/04/26/tendencias/1556274080_772174.html
- Griffith, C. (10 de 3 de 2017). *SECURE VOTE*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de <https://secure.vote/blog/xo.1-adapts-blockchain-for-secure-super-fast-vote-counts/>
- Guzman , C., & Mesa, C. (2014). *Monografía: Bitcoin en Colombia*. Pereira. Recuperado el 20 de Agosto de 2020
- Ibáñez Jiménez, J. W. (2018). *Blockchain: Primeras cuestiones en el ordenamiento español*. Madrid: DYKINSON, S.L.
- InfoTechnology. (12 de Agosto de 2016). *¿Qué es blockchain, la tecnología que viene a revolucionar las finanzas?* Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de <https://www.infotechnology.com/online/Que-es-blockchain-la-tecnologia-que-viene-a-revolucionar-las-finanzas-20160810-0001.html>
- InfoTechnology. (02 de Febrero de 2017). *Holanda abandona el voto electrónico y vuelve al conteo manual*. Recuperado el 24 de Agosto de 2020, de <https://www.infotechnology.com/online/Holanda-abandona-el-voto-electronico-y-vuelve-al-conteo-manual-20170202-0002.html>
- INSTITUTE FOR DEMOCRACY AND ELECTORAL ASISTANCE. (2012). *idea.int*. (PolicyPaper, Ed.) Recuperado el 17 de 11 de 2020, de <https://www.idea.int/sites/default/files/publications/una-introduccion-al-voto-electronico.pdf>

ITU-T. (2019). *Distributed ledger technology overview, concepts, ecosystem*.

Jenkinson, G. (s.f.). *Informe del Bitcoin*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2020, de CoinTelegraph: <https://es.cointelegraph.com/news/bitcoin-whitepaper-10-years-since-satoshis-vision-was-brought-to-life>

JIMENEZ, D. (15 de Noviembre de 2019). *COINTELEGRAPH*. Recuperado el 6 de Octubre de 2020, de <https://es.cointelegraph.com/news/10-applications-of-blockchain-technology-in-the-fintech-industry>

Klein, J. (2019). "Money Was The Sizzle": Blockchain pioneer W. Scott Stornetta Assesses Satoshi's Work. *Breaker Magazine*. Recuperado el 24 de Agosto de 2020

Martínez, A. I. (25 de 4 de 2019). *ABC REDES*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de https://www.abc.es/tecnologia/redes/abci-votar-acabar-blockchain-permite-hagas-movil-desde-salon-casa-201904220258_noticia.html

Mehboob Khan, K., Arshad, J., & Mubashir Khan, M. (s.f.). Investigating performance constraints. *Future Generation Computer Systems*, 14. Recuperado el 24 de Agosto de 2020

Oficina de Información Científica y Tecnológica para el Congreso de la Unión. (2017). *FinTech: Tecnología Financiera*. Ciudad de México: INCyTU. Recuperado el 6 de Octubre de 2020, de https://www.foroconsultivo.org.mx/INCyTU/documentos/Completa/INCYTU_17-006.pdf

Palomo Zurdo, R. J. (2018). *Blockchain: la descentralización del poder y su aplicación en la defensa*. Recuperado el 27 de Septiembre de 2020

- Pastorino, C. (4 de Septiembre de 2018). *welivesecurity*. Recuperado el 4 de Septiembre de 2020, de Blockchain: qué es, cómo funciona y cómo se está usando en el mercado: <https://www.welivesecurity.com/la-es/2018/09/04/blockchain-que-es-como-functiona-y-como-se-esta-usando-en-el-mercado/>
- Pérez Arcia, A. A. (2013). *Consideraciones para la implementación del voto de los nicaragüenses en el exterior*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua.
- Pérez, I. (s.f.). *Criptonoticias*. Recuperado el 11 de Octubre de 2020, de Blockchain: bloques, transacciones, firmas digitales y hashes: <https://www.criptonoticias.com/criptopedia/blockchain-bloques-transacciones-firmas-digitales-hashes/#Transacciones>
- POLLOCK, D. (17 de 5 de 2018). *cointelegraph*. Recuperado el 29 de 11 de 2020, de <https://es.cointelegraph.com/news/blockchain-for-elections-advantages-cases-challenges>
- Polys. (s.f.). *Polys*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de <https://polys.me/>
- PREUKSCHAT, A. (4 de Abril de 2017). *IECISA*. Recuperado el 11 de Octubre de 2020, de <https://www.iecisa.com/es/blog/Post/Los-tipos-de-Blockchain-publicas-privadas-e-hibridas-y-II/>
- Real Academia Española. (s.f.). *Criptografía*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de <https://dle.rae.es/criptografia>
- Real Academia Española. (s.f.). *Internet*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de <https://dle.rae.es/internet>
- Redacción Política. (12 de Febrero de 2014). Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de <https://www.elespectador.com/noticias/politica/medidas-enfrentar-el-fraude-elecciones-articulo-474368>

Redaccion, Barcelona. (11 de Marzo de 2017). *¿Que países utilizan ya el voto electrónico?*

Recuperado el 24 de Agosto de 2020, de LAVANGUARDIA:
<https://www.lavanguardia.com/internacional/20170309/42670140542/paises-utilizan-voto-electronico.html>

Redes. (30 de 05 de 2018). *¿Fraude electoral?* Recuperado el 20 de 08 de 2020, de
<http://www.colombiainforma.info/fraude-electoral/>

Registraduria Nacional. (2020). *¿Qué es el voto?* Recuperado el 24 de Agosto de 2020, de
<https://www.registraduria.gov.co/-Que-es-el-voto-.html>

Rivero, J. (6 de 6 de 2018). *CRIPTO NOTICIAS*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de
<https://www.criptonoticias.com/comunidad/transparencia-electoral-5-plataformas-blockchain-para-votaciones/>

Significados.com. (25 de 3 de 2016). *Significados*. Recuperado el 13 de 11 de 2020, de
<https://www.significados.com/voto/>

Singhal, B., Dhameja, G., & Panda, P. (2018). How Blockchain Works. En B. Singhal, G. Dhameja, & P. Panda, *Beginning Blockchain* (págs. 32-34).

Suárez, Á. (11 de Octubre de 2020). *Aprende Blockchain*. Obtenido de Conceptos de seguridad y criptografía en blockchain: <https://aprendeblockchain.wordpress.com/fundamentos-tecnicos-de-blockchain/fundamentos-basicos-de-criptografia-en-blockchain/>

Valdés, J. T. (2010). *El voto electrónico*. (C. d. Socia, Ed.) México. Recuperado el 22 de 11 de 2020, de
https://www.te.gob.mx/publicaciones/sites/default/files/archivos_libros/14_voto.pdf

Vargas Cruz, J. D. (2019). *POLITECNICO GRANCOLOMBIANO*. Recuperado el 11 de Octubre de 2020, de <http://repository.poligran.edu.co/handle/10823/1374>

Voatz. (s.f.). *Voatz*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de <https://voatz.com/>

VOTEM. (s.f.). *VOTEM*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de <https://www.votem.com/blockchain-voting/>

Yahari Navarro, B. (2017). *Blockchain y sus aplicaciones*. San Lorenzo.

ZUCKERMAN, M. J. (9 de 3 de 2018). *cointelegraph*. Recuperado el 30 de 11 de 2020, de <https://es.cointelegraph.com/news/sierra-leone-uses-blockchain-to-track-election-results-swiss-company-provides-expertise>

Zuleta, L. F. (2003). *Implicaciones de la adopción del voto electrónico en Colombia*. Departamento Nacional de Planeación. Recuperado el 28 de 11 de 2020, de <https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Justicia%20Seguridad%20y%20Gobierno/Trabajo%20voto%20%20electr%C3%B3nico%20final.pdf>