

Seguimiento y rastreo de productos usando Blockchain

Germán Andrés Ospina Quintero
Ingeniería de Sistemas
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Bogotá, Colombia
german.ospina-q@mail.escuelaing.edu.co

Fabian Mauricio Ramirez Pinto
Ingeniería de Sistemas
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Bogotá, Colombia
fabian.ramirez-p@mail.escuelaing.edu.co

David Andrés Herrera Moya
Ingeniería de Sistemas
Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito
Bogotá, Colombia
david.herrera-m@mail.escuelaing.edu.co

Resumen—Este artículo tiene como finalidad introducir al lector en los diferentes protocolos, herramientas, usos y conceptos de blockchain, ilustrándola a través de un experimento en la parte final con la ayuda de los servicios para la nube de AWS. Inicialmente, se introduce al lector en el mundo de la blockchain presentando algunos conceptos básicos de esta, el por qué tomó tanta fuerza con el surgir de Bitcoin, cuáles son algunas de sus ventajas y algunos de los problemas que esta presenta si se usa a gran escala y de manera indebida. En segundo lugar, se presenta el problema al que se le quiere dar solución. Para luego, en detalle, exponer varios conceptos que son de suma importancia para que el lector pueda entender mejor la cadena de bloques y el experimento basado en la trazabilidad y seguimiento de productos. Finalmente, se presenta la solución a la problemática planteada en la segunda sección, la arquitectura implementada para solventar la misma y unas conclusiones.

Palabras clave—*blockchain, track and trace, Bitcoin, mecanismo de consenso, AWS, computación en la nube, seguridad, tercero confiable, framework, protocolo, Ethereum, Hyperledger, Arquitectura.*

I. INTRODUCCIÓN

La blockchain es esencialmente una base de datos distribuida que guarda el estado actual y los valores históricos de los datos. Estos datos, por ejemplo, dinero digital, son compartidos entre los participantes de la red como transacciones o eventos digitales y son verificados en consenso por la mayoría de los participantes del sistema, haciendo uso de mecanismos de consenso (Proof of Work, Proof of Stake, etc.) que varían según el protocolo blockchain. Una vez verificados, es imposible que sean

borrados, es más, al ser una red P2P todos los nodos de la red tienen el mismo registro de todas las transacciones hechas desde la creación de la cadena. En principio, lo que se buscaba con esta tecnología era eliminar la necesidad de tener a un tercero confiable que hiciera de intermediario validador de transacciones entre dos nodos de la red; Bitcoin, la tecnología más popular de este tipo, nació como respuesta a los grandes intereses que obtenían los bancos por funcionar como entidad validadora de transacciones. Aunque esta parecía, y aun parece, ser la solución definitiva para obviar el tercero confiable, trae consigo varios problemas. Al ser anónimas las transacciones, ya que a los nodos se les identifica con id, ayuda a que se creen mercados globales multimillonarios sin ningún control gubernamental. Según un análisis del Centro de Finanzas Alternativas de la Universidad de Cambridge, si el bitcoin fuera un país, consumiría más electricidad al año que Finlandia, Suiza o Argentina, esto ocurre porque el proceso de "minar" la criptomoneda (utilizando gigantescos servidores que no cesan de trabajar) consume mucha energía, aproximadamente 121,36 teravatios-hora (TWh) de electricidad al año, consumo que provoca un fuerte impacto en el medioambiente. Otra problemática, tal vez la de mayor relevancia, es la burbuja económica que se está creando en torno a las criptomonedas, una burbuja que cuando explote podría provocar una gran crisis económica, más aún si se tiene en cuenta que en la actualidad el precio de moneda digital está "disparado". [1] [4] [5] [7] [8] [9]

La economía digital actual, e inclusive la vida digital de la población global, está basada en la dependencia de una autoridad de confianza. Muchas de nuestras transacciones han estado cambiando su forma de operar y, además, se están digitalizando. Esto implica, que sea necesario utilizar una forma fácil y segura de poder gestionar nuestras transacciones sin tener que pasar por un tercero. Uno de los principales sectores que se ve afectado por esto es el de seguimientos y trazabilidad de productos en las fábricas, puesto que este sector maneja mucha información en papel y esto genera problemas para tener claridad en la distribución de los productos, además se corre un riesgo de perder estos papeles y perder con ellos toda la información, generando una posible pérdida o robo de esos productos. Este proceso de seguimiento y trazabilidad ha estado cambiando gracias al blockchain, ya que esta tecnología le permite a las empresas saber dónde está el producto, tener claro cuál es el estado del producto, mitigar el riesgo de pérdida o robo. Todo esto, al darles autonomía para poder editar la información relacionada con el estado actual del producto.

Resulta complicado abordar todas las virtudes que trae consigo la tecnología blockchain, por lo que más adelante en este mismo documento se presenta, a manera de tutorial, como implementar una aplicación de seguimiento y localización para cualquier tipo de producto que se encuentre el mercado. El servicio "Amazon Managed Blockchain" de Amazon Web Services, nos permitirá llevar a la práctica el blockchain a través del framework Hyperledger Fabric. Se opta por usar esta tecnología en la nube, puesto que la finalidad del artículo es que el lector pueda entender cómo la tecnología en la nube y la blockchain se pueden integrar para generar una solución, a una problemática dentro de un campo de aplicación específico, más optima que si se hiciera con tecnologías semejantes. [4]

Lo que se busca experimentar con blockchain es la implementación de un servicio track and trace usando blockchain de AWS y otros componentes como servicios lambda, private link endpoints, etc. En esta implementación se busca tener la simulación de dos roles dentro de una fábrica de productos, uno de estos roles es el trabajador y otro el vendedor. El fin del servicio track and trace es poder definir la capacidad y el recorrido de productos a través de las etapas de Producción, Transformación, Distribución, ayudando a los interesados a tener información en tiempo real de todo lo que pasa con el producto.

En este artículo, el usuario va a encontrar información de porqué usar blockchain, una arquitectura básica que se usa al tener servicios con blockchain, unas definiciones como marco teórico, un experimento como se mencionó antes de track and trace usando blockchain, la arquitectura de este usando los servicios que nos brinda Amazon Web Services y, por último, unas conclusiones.

II. DESCRIPCIÓN Y CARACTERIZACIÓN DETALLADA DEL PROBLEMA

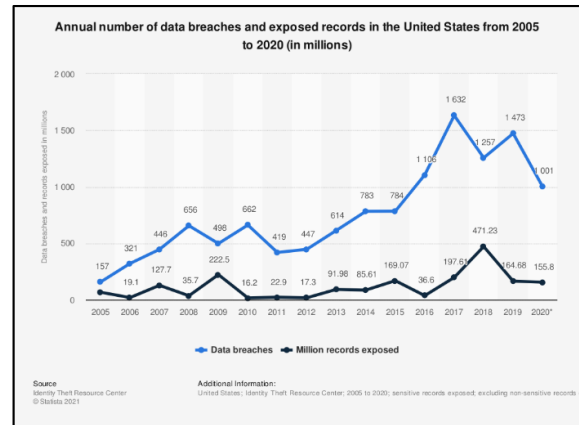


Fig 1. Annual number of data breaches and exposed records in the United States from 2005 to 2020 [11]

Como se dijo anteriormente, el problema en si no es que exista el tercero confiable, el verdadero problema es que esta entidad sea hackeada y los datos que esta maneje sean expuestos, manipulados o modificados. La anterior imagen muestra el total de reportes hechos en Estados Unidos por acceso irregular a sistemas de información y el total de datos que han sido expuestos desde el año 2005. Incidentes como este, desafortunadamente, se han convertido en un hecho con demasiada frecuencia. Las violaciones de datos causadas por terceros cuestan millones de dólares a las grandes empresas. También erosionan la confianza de los consumidores al exponer sus datos al robo de identidad y a innumerables actos de fraude con tarjetas de crédito. [10]

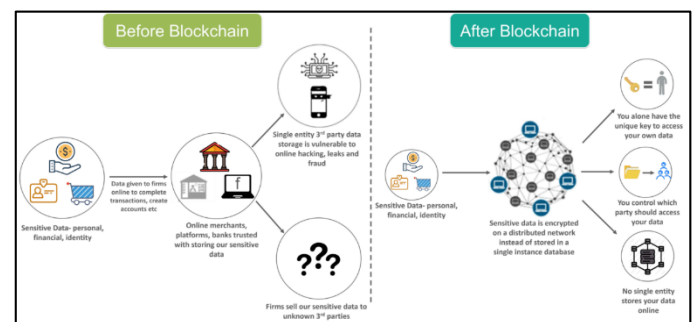


Fig 2. How is the behavior with the data, before and after [12]

Blockchain puede abordar estas brechas de seguridad, pero solo si se hace correctamente. Con respecto a este tema, la tecnología blockchain provee dos soluciones. En primer lugar, como el acceso a los datos es transparente, es decir, se almacenan con marca de tiempo y permanentemente en la cadena de bloques de manera pública nadie los puede modificar; en segundo lugar, los usuarios finales tienen un total control de acceso sobre los datos, es decir, revocar el acceso no requiere un acompañamiento de un tercero, por lo

tanto, es completamente unilateral. Estos dos aspectos le permiten al usuario tener una autonomía absoluta sobre sus datos. [10]

La pregunta que podría tener el lector en este punto sería: ¿Como garantizar privacidad, si los datos se almacenan en una cadena pública? Blockchain no ha estado creciendo aisladamente del resto de tecnologías de la información, al contrario, se han utilizado tecnologías complementarias para proporcionar garantías de privacidad con respecto a los datos personales sin exponer los datos en sí. Por ejemplo, hash de datos confidenciales, cifrado o pruebas de conocimiento cero, etc. [10]

La nube y blockchain se han estado integrando en los últimos años para lograr desarrollar aplicaciones que impacten positivamente en el ambiente empresarial de varias organizaciones.

Algunas de las aplicaciones, principalmente empresariales, que esta unión ha generado son: R3 Corda (BaaS), notaría mediante blockchain basada en la nube, Track and Trace, Delivery vs Payment [16] [17]

Adicionalmente, cabe resaltar que estas aplicaciones están técnicamente fundamentadas en protocolos y estrategias como, por ejemplo, Hyperledger Fabric y Ethereum. Estos servicios se suman a la amplia variedad con los que actualmente cuenta los diversos proveedores de servicios para la nube.

AWS presta el servicio de blockchain en la nube, este servicio ayuda a la creación y administración de servicios de blockchain escalables y utiliza marcos populares de código abierto como: Hyperledger y Ethereum. Esta función de AWS se llama Amazon Managed Blockchain, donde lo que buscan con esta función es evitar que las transacciones y enviar datos pasen por un tercero para poder mantener la transparencia y la confianza de manera correcta.

La forma en cómo se crea este servicio en AWS es de la siguiente manera, primero toca crear una red donde el usuario elige el framework que quiere usar ya sea Hyperledger y Ethereum y el tipo de membresía que va a usar, una vez esto esté creado se añade al menos un miembro a esta red para poder empezar el funcionamiento de este servicio, después se añaden los nodos donde se va a configurar una cadena de bloques que almacenan la copia de los datos del libro distribuido y por último se despliega la aplicación descentralizada a la red por medio de cada nodo.

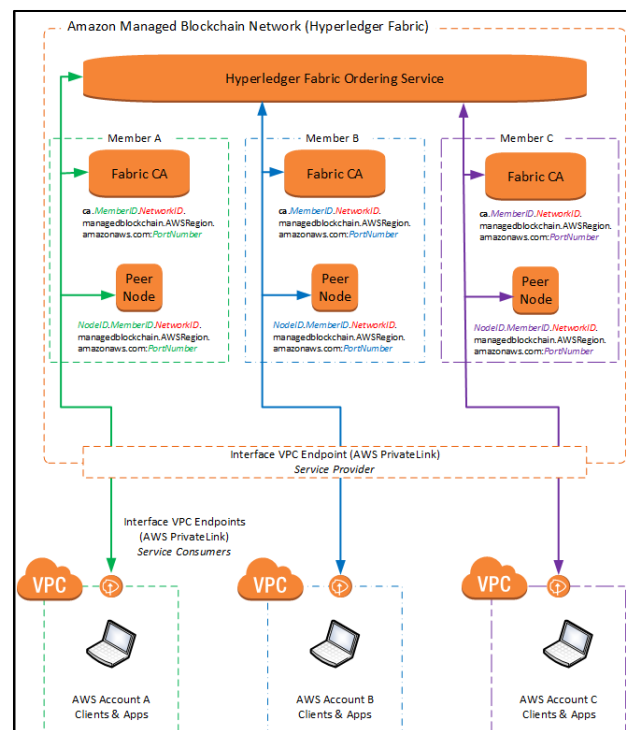


Fig 3. Arquitectura de la implementación

¿Cuál framework usar para mi servicio de blockchain?

- Hyperledger Fabric, este se usa cuando el usuario está interesado en tener mayor control de permisos y para tener aplicaciones con requerimientos de privacidad fuertes. Por ejemplo, las entidades financieras donde hay información que solo quieres ser compartida con ciertas entidades o usuarios.
- Ethereum, este se usa cuando el fin del servicio es tener transparencia en los datos para todos los miembros. por ejemplo, un sistema del estado, donde la gente tiene el derecho a ver todas las transacciones y la información de lo que está pasando.

Arquitectura

- Como se puede ver en la arquitectura el usuario puede elegir qué framework y que edición de Amazon Managed Blockchain va a usar, en el caso de la imagen se seleccionó Hyperledger Fabric.
- Se tienen que crear miembros para la red cada miembro va a tener un par de nodos en estos se va a tener copia del libro central y además se va a tener el estado de la red en los cuales estos aparecen, y estos estados van a cambiar por cada nueva transacción.

El miembro define las reglas de transacciones según la inteligencia y la lógica de su negocio, en este caso cada miembro puede hacer transacciones sin depender de una autoridad centralizada.

- La conexión VPC genera una red virtual aislada, esto quiere decir que es una red que el desarrollador define para poder tener restricciones en la red, como rangos de ip, creaciones de subredes. así se genera una conexión de red segura y monitoreada y es fácil de usar y configurar.
- La conexión entre los endpoints y la red de blockchain se hace por medio de AWS private link, que ayuda a tener control y seguridad en la conexión establecida.

III. MARCO TEORICO

- Blockchain: El Blockchain es un registro único, consensuado y distribuido en varios nodos de una red. En donde su funcionamiento se basa en su tipo de implementación y cual se usaría. Cada bloque tiene un lugar específico e inamovible dentro de la cadena. Cada uno se almacena y se copia exactamente en una cadena en todos los participantes de la red. Es básicamente un sistema con el cual se pueden hacer transacciones seguras entre personas en todo el mundo sin necesidad de intermediarios.
- Tercero confiable: es una institución ideada para el ámbito digital con origen en la institución del depositario, en donde su propósito es archivar las declaraciones de voluntad que integran los contratos electrónicos, e interviene cuando las partes pactan esta forma de acreditación de la celebración de los contratos electrónicos. La duración mínima de la custodia es 5 años, en realidad el mínimo práctico es de 6 años, por exigencia del Código de Comercio y de la normativa de blanqueo de capitales, respecto a los sujetos obligados. Los Terceros de Confianza pasan a denominarse Prestadores de Servicios de Confianza Digital y aplican mecanismos de seguridad como la Firma Electrónica, el Sello de Tiempo, la Custodia Electrónica o los servicios de Entrega Electrónica fehaciente de mensajes.
- Transacciones: Una transacción es un acuerdo comercial que se lleva a cabo entre dos partes, económicamente hablando es un convenio de compra y venta. En donde una transacción también implica un intercambio de bienes y servicios a cambio del pago de una cantidad monetaria, denominada precio. es entregar dinero a cambio de obtener un bien o servicio dentro del mercado; luego de haber alcanzado un acuerdo entre las partes involucradas. para que se lleve a cabo una transacción, una de las partes debe ser propietaria del bien o propiedad que se intercambia y la otra parte tiene que ser propietaria del dinero que está dispuesto a cambiar.
- Mecanismos de consenso: Es un mecanismo que se establece de mutuo acuerdo, en donde todos los participantes de la red están de acuerdo en el contenido o estructura que tendrá de contenido el libro contable. El propósito de este es verificar que la información agregada al libro sea válida y correcta. Esto permite asegurar que el siguiente bloque que se agregue, sea representado de forma correcta hasta el último momento en todas las transacciones de red. Previniendo que registren gastos dobles o datos inválidos en cada transacción.
- Contrato inteligente: El contrato inteligente puede ser entendido como un código escrito en lenguaje de programación que corre en una plataforma segura – Blockchain– que lo hace inmodificable y autoejecutable. Automatización y auto ejecución –self-enforcement– serían sus notas características. Un contrato inteligente excluye el elemento humano en la ejecución del contrato y su autonomía se deriva del hecho de que las redes Blockchain operan sin ninguna entidad central o confiable que equipare.
- P2P: Consiste en un modelo de comunicación descentralizado, es decir, no necesitamos un servidor central, sino que cada parte o usuario actúan por igual y pueden tener la función de servidor o de cliente. Esta peculiaridad hizo que se popularizara hace años y que haya ayudado en sus comienzos a muchas plataformas como Spotify. P2P es una de las redes de comunicación más antiguas del mundo de la informática, ya que prácticamente surgió después de la creación de los ordenadores personales. Este permite compartir cualquier archivo sin ningún intermediario, de forma rápida y segura. El usuario sólo necesita descargarse un software que conecta su ordenador con el resto de las personas que están dentro de la red Peer to Peer y así comunicarse con ellos, para mandarles o recibir ficheros. Un ejemplo muy conocido de este tipo de red es Skype.
- Criptomoneda: La criptomoneda, también llamada moneda virtual o criptodivisa, es dinero digital. Eso significa que no hay monedas ni billetes físicos — todo es en línea. Usted puede transferir una criptomoneda a alguien en internet sin un intermediario, como un banco. Las criptomonedas más conocidas son Bitcoin y Ether, pero se continúan creando nuevas criptomonedas. Comprar una criptomoneda, tiene que saber que no tiene las mismas protecciones que cuando usa dólares estadounidenses. También tiene que saber que los estafadores le están pidiendo a la gente que le paguen con una criptomoneda porque saben que, por lo general, esos pagos son irreversibles.
- Bitcoin: Bitcoin es una moneda virtual o un medio de intercambio electrónico que sirve para adquirir productos y servicios como cualquier otra moneda.

Consiste en una clave criptográfica que se asocia a un monedero virtual, el cual descuenta y recibe pagos. Pero esta moneda es descentralizada, es decir que no existe una autoridad o ente de control que sea responsable de su emisión y registro de sus movimientos.

- **Hyperledger Fabric:** Hyperledger Fabric es una plataforma de tecnología de libro mayor distribuido (DLT) de código abierto y de grado empresarial, diseñada para su uso en contextos empresariales, que ofrece algunas capacidades de diferenciación clave sobre otras plataformas populares de contabilidad distribuida o blockchain. Un punto clave de diferenciación es que Hyperledger se estableció bajo la Fundación Linux. Hyperledger está gobernado por un comité directivo técnico diverso, y el proyecto Hyperledger Fabric por un conjunto diverso de mantenedores de múltiples organizaciones. Tiene un desarrollo comunidad que ha crecido a más de 35 organizaciones y casi 200 desarrolladores desde sus primeros códigos.
- **Track and trace:** Se conoce con el término de seguimiento y rastreo, con procesos de Track and Trace o simplemente trazabilidad logística. En donde se encarga de definir la capacidad y el recorrido de productos a través de las etapas de:
 - Producción
 - Transformación
 - Distribución

El Track and Trace proporciona información exacta del histórico y el estado actual del producto. Permittiéndonos conocer el estado de producto o activo desde la salida del proveedor, hasta la llegada del consumidor final.

- **AWS:** Amazon Web Services (AWS) es la plataforma en la nube más adoptada y completa en el mundo, que ofrece más de 200 servicios integrales de centros de datos a nivel global. Millones de clientes, incluso las empresas emergentes que crecen más rápido, las compañías más grandes y los organismos gubernamentales líderes, están usando AWS para reducir los costos, aumentar su agilidad e innovar de forma más rápida.
AWS cuenta con una cantidad de servicios y de características incluidas en ellos que supera la de cualquier otro proveedor de la nube, ofreciendo desde tecnologías de infraestructura como cómputo, almacenamiento y bases de datos hasta tecnologías emergentes como aprendizaje automático e inteligencia artificial, lagos de datos y análisis e internet de las cosas.
- **Hash:** El nombre de hash se usa para identificar una función criptográfica muy importante en el mundo informático. Estas funciones tienen como objetivo primordial codificar datos para formar una cadena de caracteres única. Todo ello sin importar la cantidad de datos introducidos inicialmente en la función. Estas

funciones sirven para asegurar la autenticidad de datos, almacenar de forma segura contraseñas, y la firma de documentos electrónicos.

Las funciones hash son ampliamente utilizadas en la tecnología blockchain con el fin de agregar seguridad a las mismas. El Bitcoin, es un claro ejemplo de cómo los hashes pueden usarse para hacer posible la tecnología de las criptomonedas.

- **Cifrado:** Cifrado es el proceso de codificación o encriptación de datos para que sólo pueda leerlo alguien con los medios para devolverlo a su estado original. El cifrado evita que delincuentes y espías roban información. Aunque no se dé cuenta, confía en el cifrado todos los días. Te protege mientras navegas por Internet, compras en línea, utilizamos la banca móvil o usas aplicaciones de mensajería segura.

IV. PROPUESTA DE SOLUCIÓN

Resulta contradictorio que los proveedores de servicios en la nube ofrecen el servicio de blockchain. Siempre que se contrata un servicio cloud, este depende de la entidad que lo alberga y debemos confiar en esta. Cada nodo de la red depende de la entidad que ofrece el servicio, es decir, el sistema sobre el que estamos trabajando no nos pertenece. [13]

Sin embargo, cabe destacar que, una vez desplegada la red, el control sobre la misma pasa a nuestras manos. Además, la arquitectura sobre la que se implantan estas redes sigue la arquitectura de un sistema distribuido, desplegando cada uno de los nodos de la red sobre distintos servidores. Por otra parte, el desarrollo y despliegue de los Contratos Inteligentes queda en nuestras manos, por lo que, somos nosotros quienes decidimos la lógica que se ejecutará en nuestra cadena de bloques. [13]

Es por ello que ambas tecnologías se podrían integrar, potenciando las oportunidades que ofrece cada una. Blockchain podría servir como guía del contenido de la nube. Gracias a ello, se conseguiría tener una cadena de bloques con datos relativamente pequeños que apuntan a otros registros en el sistema, en este caso la nube. [13]

Como se mencionó anteriormente, la gama de aplicaciones de la tecnología blockchain es amplia, es por esto que en este artículo se aborda como esta tecnología puede ser aplicada a un sistema track and trace de una cadena de suministro. Con el fin de solucionar problemas que aquejan a este proceso, tales como uso excesivo de papel, brechas de visibilidad por falta de conectividad, pronósticos inexactos de oferta y demanda, errores humanos, falsificaciones y violaciones de cumplimiento.



Fig 4. Traditional Supply Chains [15]

Con Amazon Managed Blockchain, todas las redes de la cadena de suministro pueden realizar un seguimiento de las actualizaciones en un solo libro de contabilidad compartido, lo que proporciona una visibilidad de datos óptima y una única fuente de información.

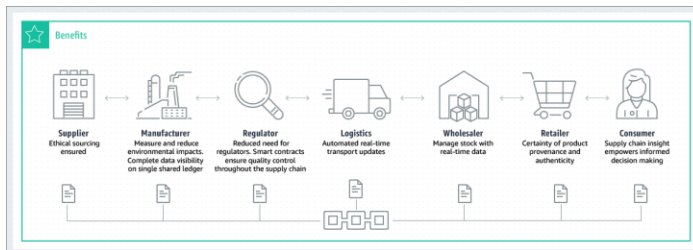


Fig 5. Traditional Supply Chains [15]

El experimento va a tener la siguiente arquitectura como se ve en la siguiente figura:

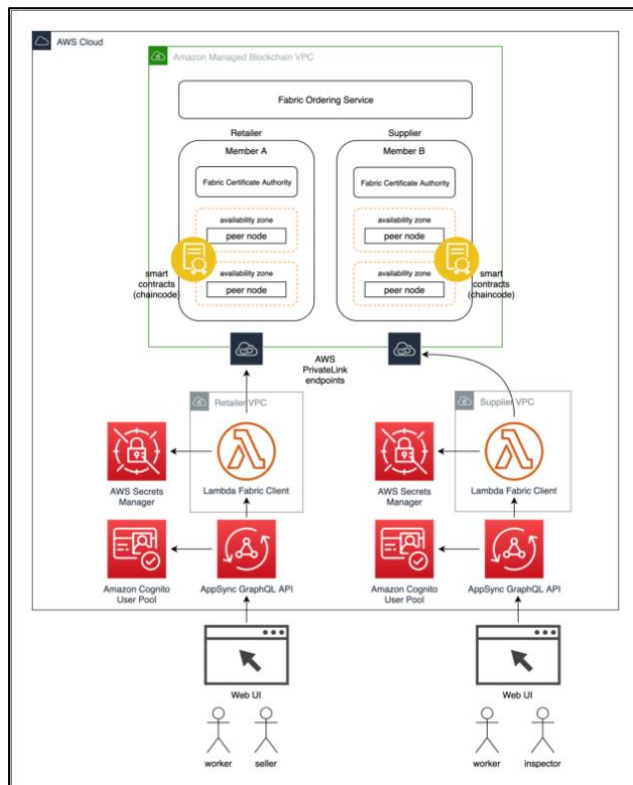


Fig 6. Arquitectura del experimento [31]

Como se puede observar en la arquitectura se tienen varios componentes que son los siguientes:

- Esta la fábrica, que es donde se está usando el componente de blockcchain, en este componente se tienen dos módulos diferentes uno que son los proveedores y el minorista.
- Se tienen servicios lambda donde se va a tener la función que va a tener cada usuario ya sea tipo trabajador o vendedor.
- por último, la parte grafica que va a tener cada usuario según su rol.

V. CONCLUSIONES

AWS es una plataforma adecuada para implementar servicios de Blockchain, ya que tiene facilidades para hacer este desarrollo y todo es muy intuitivo para usar.

A pesar de que Blockchain se popularizo con bitcoins y criptos, las empresas están aumentando el uso de esta tecnología, ya que esta tecnología les ofrece seguridad, transparencia de los datos y evitan tener tercero en sus negocios.

La solución de track and trace con Blockchain es muy adecuada para las empresas que manejan este tipo de procesos, gracias a que esta implementación se elimina el riesgo de tener toda la información en papel y la dificultad de no tener información clara durante todo el proceso.

REFERENCIAS

- [1] Modi, N., Rao, S. and Alusi, K., 2019. AmazonManagedBlockchain-DeepDi-ve.[ebook]AWS,pp.1 20. Available at: <https://d1.awsstatic.com/events/reinvent/2019/REPEAT1DivedeepintoManagedBlockchainBLC301-R1.pdf> [Accessed 22March2021].
- [2] 2021. HyperledgerFabricDeveloperGuide. 7th ed. [ebook] AWS. Available at: <https://docs.aws.amazon.com/eses/managed-blockchain/latest/hyperledger-fabric-dev/amazon-managed-blockchain-hyperledger-fabric-dev.pdf> [Accessed 22March2021]
- [3] Chung, J. and Parra, L., 2019. Aplicaciones Blockchain: Clases y Desarrollo. [ebook] Universidad de los Andes, pp.3 - 14. Available at: <https://sistemas.uniandes.edu.co/images/forosisis/foros/fb1/Presentacion-Blockchain-por-Info-Projects-para-Foros-ISIS-Ver-3.0.pdf> [Accessed 22March2021]
- [4] Crosby, M., Pattanayak, P., Verma, S. and Kal-yanamaman, V., 2015. Blockchain Technology. 1st ed. [ebook] Berkeley, California: University of California, pp.1 - 3. Available at: <https://scet.berkeley.edu/wp-content/uploads/BlockchainPaper.pdf> [Accessed 22March 2021]
- [5] GitHub. 2021. decrypto-org/blockchain-papers.[online] Available at: <https://github.com/decrypto-org/blockchain-papers> [Accessed 22 March 2021]

- [6] Seffinga, J., Lyons, L. and Bachmann, A., 2017. The Blockchain (R)evolution – The Swiss Perspective. 1st ed. [ebook] Deloitte, p.8. Available at: <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/ch/Documents/innovation/ch-en-innovation-blockchain-revolution.pdf>; [Accessed 22 March 2021]
- [7] BBC News Mundo. 2021. ¿Qué tanto contamina el bitcoin, la moneda que consume electricidad? Finlandia, Suiza y Argentina - BBC News Mundo. [online] Available at: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-56049826> [Accessed 22 March 2021]
- [8] Es.wikipedia.org. 2021. Burbujas de las criptomonedas - Wikipedia, la enciclopedia libre. [online] Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Burbujas_de_las_criptomonedas [Accessed 22 March 2021]
- [9] SecurityInfoWatch. 2021. Why blockchain is the necessary safeguard against data breaches. [online] Available at: <https://www.securityinfowatch.com/cybersecurity/article/21122947/why-blockchain-is-the-necessary-safeguard-against-data-breaches>; [Accessed 22 March 2021]
- [10] Statista. 2021. U.S. data breaches and exposed records 2020 — tatista. [online] Available at: <https://www.statista.com/statistics/273550/data-breaches-recorded-in-the-united-states-by-number-of-breaches-and-records-exposed/>
- [11] Edureka. 2021. Top 10 reasons to learn Blockchain — Why Blockchain — Edureka. [online] Available at: <https://www.edureka.co/blog/top-10-reasons-to-learn-blockchain/> [Accessed 22 March 2021]
- [12] zertis.com. 2021. Blockchain en la nube: ¿es posible apostar por ambas? [online] Available at: <https://www.izertis.com/es/-/blog/blockchain-seguridad-y-nube-es-posible-apostar-por-ambas>; [Accessed 22 March 2021]
- [13] Youngblood, C., 2020. Build a Blockchain Track-and-Trace Application on AWS. [video] Available at: <https://www.youtube.com/watch?v=x-AjS-WuF2Qab&channel=AWSOnlineTechTalks> [Accessed 22 March 2021]
- [14] Amazon Web Services, Inc. 2021. Blockchain for Supply Chain: Track and Trace. [online] Available at: <https://aws.amazon.com/es/blockchain/blockchain-for-supply-chain-track-and-trace/> [Accessed 22 March 2021].
- [15] BVA NOTICIAS. 2021. ¿Qué es 'Blockchain as a Service' y por qué es interesante para las empresas. [online] Available at: <https://www.bbva.com/es/blockchain-as-a-service-puede-interesar-negocio/>; [Accessed 22 March 2021].
- [16] ¿Qué es una transacción y cómo funciona? [online] Available at: <https://economipedia.com/definiciones/transaccion.html>; [Accessed 22 March 2021].
- [17] ¿Qué es 'Track and Trace' y cómo funciona 'Blockchain as a Service' y por qué es interesante para las empresas. [online] Available at: <https://www.teamnet.com.mx/blog/> [Accessed 22 March 2021].
- [18] ¿Qué es 'Blockchain' y cómo funciona? [online] Available at: <https://economipedia.com/definiciones/transaccion.html>; [Accessed 22 March 2021].
- [19] ¿Qué es un contrato inteligente? [online] Available at: <https://propintel.uexternado.edu.co/que-es-un-contrato-inteligente/> [Accessed 22 March 2021].
- [20] Mecanismos de Consenso Explicados [online] Available at: <https://sg.com.mx/revista/57/mecanismos-consenso-explicados/> [Accessed 22 March 2021].
- [21] ¿Qué es un tercer grado de confianza y para qué se usa? [online] Available at: <https://es.wikipedia.org/wiki/Tercer Grado de Confianza> [Accessed 22 March 2021]
- [22] ¿Qué es P2P y en qué consiste? [online] Available at: <https://computerhoy.com/reportajes/tecnologia/p2p-que-es-489221> [Accessed 22 March 2021]
- [23] ¿Qué hay que saber sobre las criptomonedas [online] Available at: <https://www.consumidor.ftc.gov/articulos/lo-que-hay-que-saber-sobre-las-criptomonedas> [Accessed 22 March 2021]
- [24] ¿Qué es Bitcoin? [online] Available at: <https://especiales.dinero.com/bitcoin/index.html> [Accessed 22 March 2021]
- [25] Hyperledger Fabric [online] Available at: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/es/latest/whatis.html> [Accessed 22 March 2021]
- [26] ¿Qué es Ethereum y cómo funciona? [online] Available at: <https://www.ig.com/es/ethereum-trading/que-es-ether-y-como-funciona> [Accessed 22 March 2021].
- [27] Computación en la nube [online] Available at: https://es.wikipedia.org/wiki/Computaci3n_en_la_nube [Accessed 22 March 2021]. [28] Informática en la nube con AWS [online] Available at: <https://aws.amazon.com/es/what-is-aws/> [Accessed 22 March 2021].
- [28] ¿Qué es un hash? [online] Available at: <https://academy.bit2me.com/que-es-hash/> [Accessed 22 March 2021]
- [29] ¿Qué es el cifrado? [online] Available at: <https://www.internetsociety.org/es/encryption/what-is-encryption/> [Accessed 22 March 2021]
- [30] Arquitectura de rastreo y trazabilidad de blockchain [online] Available at: <https://track-and-trace-blockchain.workshop.aws/05-building-a-frontend/amb-module-5-architecture.png?classes=shadow&width=60pc>; [Accessed 27 April 2021]