



D-SELI: Proposal for a Distributed Educational Blockchain Network with IPFS

D-SELI: Propuesta de una Red Blockchain Educativa Distribuida con IPFS

Reyna Der Boghosian ¹ , Regina Motz ^{1*} 

¹ Facultad de Ingeniería, Universidad de la República, Uruguay

* **Corresponding Author:** rmotz@fing.edu.uy

Citation: Boghosian, R. D., and Motz, R. (2023). D-SELI: Proposal for a Distributed Educational Blockchain Network with IPFS. *Journal of Technologies Information and Communication*, 3(1), 13973. <https://doi.org/10.55267/rtic/13973>

ARTICLE INFO

Received: 14 Oct 2023
Accepted: 05 Dec 2023

ABSTRACT

In recent years, there has been an increase in the use of blockchain networks in the educational field, with projects such as SELI (Smart Ecosystem for Learning and Inclusion) that have developed blockchain networks to exchange academic certificates and resources. However, storage space is limited in the use of blockchain networks since all transactions are stored in each node, which can lead to space and accessibility problems in centralized blockchain networks. To address this problem, this article proposes modifying the SELI educational blockchain network through the Interdisciplinary File System (IPFS) protocol in a fully distributed blockchain network, D-SELI. The D-SELI proposal seeks to solve the limitation of storage space and accessibility in blockchain networks by incorporating the IPFS protocol. IPFS is a distributed file system that uses a peer-to-peer network to store and share content decentralized, overcoming storage problems on a blockchain network. Implementing IPFS in D-SELI allows educational resources and certificates to be stored in a decentralized manner, eliminating the need to keep all transactions on each node in the network, which reduces the storage load on the nodes and improves accessibility to the data. Furthermore, being a wholly distributed network, data location problems present in centralized blockchain networks are overcome. In summary, this article presents a proposal to modify the SELI educational blockchain network through the use of the IPFS protocol in a fully distributed network (D-SELI) to solve the limitation of storage space and accessibility in blockchain networks, improve the efficiency and scalability of the network in the educational field.

Keywords: Educational Blockchain, Interplanetary File System, Distributed Systems

Resumen: En los últimos años, ha habido un aumento en el uso de redes blockchain en el ámbito educativo, con proyectos como SELI (Smart Ecosystem for Learning and Inclusion) que han desarrollado redes blockchain para el intercambio de certificados y recursos educativos. Sin embargo, una limitación en el uso de redes blockchain es el espacio de almacenamiento, ya que todas las transacciones se almacenan en cada nodo de la red, lo que puede generar problemas de espacio y accesibilidad en redes blockchain centralizadas. Para abordar esta problemática, se propone en este artículo una modificación de la red blockchain educativa SELI mediante la utilización del protocolo Interdisciplinary File System (IPFS) en una red blockchain totalmente distribuida, denominada D-SELI. La propuesta de D-SELI busca solucionar la limitación de espacio de almacenamiento y accesibilidad en redes blockchain mediante la incorporación del protocolo IPFS. El IPFS es un sistema de archivos distribuidos que utiliza una red peer-to-peer para almacenar y compartir contenido de manera descentralizada, lo que permite superar los problemas de almacenamiento en una red blockchain. La implementación de IPFS en D-SELI permite que los recursos educativos y certificados sean almacenados de forma descentralizada, eliminando la necesidad de almacenar todas las transacciones en cada nodo de la red, lo que reduce la carga de almacenamiento en los nodos y mejora la accesibilidad a los datos. Además, al ser una red completamente distribuida, se superan los problemas de ubicación de los datos presentes en redes blockchain centralizadas. En resumen, este artículo presenta una propuesta de modificación de la red blockchain educativa SELI mediante la utilización del protocolo IPFS en una red completamente distribuida (D-SELI) con el objetivo de solucionar la limitación de espacio de almacenamiento y accesibilidad en redes blockchain, mejorando así la eficiencia y escalabilidad de la red en el ámbito educativo.

Palabras-chave: Blockchain educativa, Interplanetary File System, Sistemas distribuidos

INTRODUCCIÓN

La web se ha convertido en el repositorio de información más importante donde se recurre cotidianamente en búsqueda de información y datos, donde se realizan transacciones comerciales y hasta donde se mudan las aulas de clase para estudiar de forma colaborativa en plataformas de gestión del aprendizaje, entre muchas otras actividades. Por ejemplo, cuando una biblioteca de una institución educativa expone sus servicios en la web, lo hace generalmente a través de servicios web y plataformas digitales en las cuales los estudiantes acceden a recursos educativos teniendo la posibilidad de disponer del material necesario para cumplir con sus metas académicas. Sin embargo, debido a distintos motivos, puede ocurrir que los estudiantes se enfrenten al problema de no tener acceso a la información que se encuentra en la web. Entre los motivos principales que pueden impedir a los usuarios de la web tener acceso a datos a pesar de tener la información de su acceso, como lo es su dirección URL, se encuentran problemas de locación o fallas técnicas de la red de comunicación o del propio servidor que aloja los datos, así como también posibles cambios en las políticas de privacidad de datos y de cómo se utiliza la información almacenadas en los servidores. Las plataformas educativas son un claro ejemplo de arquitecturas centralizadas, donde toda la información la dispone la institución, pero si ocurren fallos por ejemplo, los estudiantes pierden el acceso a los recursos encontrándose perjudicados en el normal desarrollo de sus estudios.

Por otro lado la incorporación del concepto de productor-consumidor y de inclusión en el paradigma de educación digital abierta implica la necesidad de contar con una plataforma educativa lo suficientemente flexible para permitir trabajar tanto a estudiantes como a docentes en un escenario de pares donde todos se sienten incluidos y con posibilidades de actuar no sólo como consumidores de información sino también como productores.

En este sentido, en los últimos tiempos, ha habido un gran interés en renovar el entorno educativo para que sea abierto, accesible, confiable y cumpla con las expectativas de todas las partes interesadas, incluidos maestros, estudiantes, padres, regiones y gobiernos. Estas crecientes solicitudes llevaron al nacimiento de un proyecto conjunto, Smart Ecosystem for Learning and Inclusion (SELI) apoyado por la Unión Europea, América Latina y Caribe [1]. SELI aborda la brecha crucial de las metas educativas del siglo XXI a través de pedagogías, métodos, estrategias y tecnologías emergentes que son capaces de apoyar la implementación fluida del ecosistema de aprendizaje de acuerdo con el estándar de accesibilidad universal. Los principales aspectos del ecosistema SELI

incluyen: servicios de autoría, micrositios que presentan los cursos con todos los contenidos didácticos, sistema de gestión de aprendizaje (LMS), sistema de gestión de contenido (CMS), pedagogía de narración digital, servicios de análisis de aprendizaje y arquitectura blockchain.

Para el proyecto SELI, el aprendizaje se da en un ecosistema conformado por la unión de individuos o servicios con un entorno donde ocurren diferentes interacciones. Desde una perspectiva técnica, Blockchain es la plataforma que da soporte para que estas interacciones se den de manera transparente y de manera segura. Desde una perspectiva social, Blockchain es el entorno que permite inclusión preservando la individualidad (sin intermediarios). Ante la creciente demanda de almacenamiento de recursos por parte de los usuarios de SELI y las limitaciones para invertir en infraestructura por algunos de los socios del proyecto se plantean las siguientes preguntas:

1. ¿De qué forma se pueden evitar en la plataforma SELI los problemas de almacenamiento a los que se enfrenta?

2. ¿Cuál arquitectura de software sería la más adecuada para soportar la filosofía de Productor-Consumidor (Prosumer)?

En este trabajo presentamos la solución propuesta a estas preguntas a través del uso de una Blockchain distribuida integrada con el protocolo de manejo de archivos IPFS.

El resto de este trabajo está organizado de la siguiente forma. La Sección 2 describe el uso de Blockchain en educación y sus problemas. La Sección 3 presenta los aportes del protocolo IPFS para resolver problemas de Blockchain. La Sección 4 presenta la arquitectura del proyecto SELI y la propuesta de su uso con una red blockchain distribuida con IPFS. Finalmente, la Sección 5 plantea algunas conclusiones y trabajos futuros.

USO DE BLOCKCHAIN EN EDUCACIÓN

Blockchain [2] es un buen ejemplo de una tecnología que ha innovado en varias áreas y también en la educación. Algunos escenarios donde se aplican con éxito redes blockchain en el área educativa son:

Certificaciones: Las certificaciones son un área destacada para la utilización de tecnologías como Blockchain. Al ser una red inmutable, se puede confiar en generar certificaciones y diplomas emitidos por la institución en curso [3]. El proceso para otorgar un diploma en una institución educativa, suele ser un trámite burocrático y que por lo general lleva tiempo. Generalmente debe de ser firmado y validado por varias personas que avalan el diploma que se otorgará al alumno. En una red Blockchain, esto se soluciona generando un diploma digital y almacenando en la red la cual es inmutable. Blockcerts [4] es una plataforma basada en tecnología Blockchain que se dedica a validar diplomas, ahorrando trámites y procesos burocráticos por parte de las instituciones educativas. De esta manera las universidades pueden emitir títulos a través de Blockcerts que podrían ser verificados al instante cuando los estudiantes los utilicen para solicitar trabajo o continuar sus estudios en otras instituciones.

Historial del estudiante: se puede almacenar todo el registro académico de los alumnos de forma segura debido a las características de inmutabilidad de Blockchain. De esta forma cuando el estudiante culmine y quiera obtener su diploma, la información ya se encuentra registrada y validada en la red.

Insignias: Un estudiante a lo largo de su carrera u formación no necesariamente académica, puede aprender distintas habilidades que necesitan ser validadas en su currículum, la cual puede ser de relevancia para los empleadores. Estas habilidades no son fáciles de verificar. Pero una persona puede conseguir un tercer experto para verificar esa habilidad y otorgar un certificado o insignia. Si estos se almacenan en una red Blockchain, demuestran que una persona realmente tiene las habilidades en cuestión. Servicios como Open Badges [5] son un primer paso en esta dirección.

Reducción de costos: Las instituciones se ven beneficiadas a la hora de invertir en infraestructura, pues al basarse en arquitecturas peer-to-peer, cada usuario puede almacenar información y auspiciar de cliente-servidor para otros que integren la red. Esto implica un costo menor al que se tiene con una arquitectura centralizada puesto que ya no interviene un servidor central de almacenamiento.

A pesar de las ventajas arriba ennumeradas, uno de los problemas que tiene Blockchain es el espacio de

almacenamiento que los nodos insumen. Una red Blockchain se compone por un conjunto de nodos interconectados entre sí, viéndose como una base de datos distribuida en la cual cada nodo contiene una copia exacta de todas las transacciones que se realizan en la red. A cada nodo en una red Blockchain se lo denomina bloque y contiene una copia local de todas las transacciones, a medida que más bloques se unan a la Blockchain el tamaño de estos aumenta considerablemente.

Según datos reportados en [6], en la red blockchain Bitcoin estudiada se ocupa aproximadamente 200 GB, creciendo a una tasa de 0.1GB por día lo que causa un fuerte impacto en el espacio de almacenamiento, por tal motivo el espacio de almacenamiento siempre fue un desafío a la hora de analizar la viabilidad del uso de tecnología Blockchain. Existen técnicas propuestas por varios autores para mitigar este problema de espacio en la Blockchain, las cuales son recopiladas y presentadas en [7]. La primera que mencionan adopta el método donde solo se registran las transacciones que no han sido expiradas aún. Si bien esto reduce el tamaño del nodo, se tiene como desventaja que no hay registro de una parte del historial de las transacciones, lo cual conlleva a que no exista una trazabilidad completa de una transacción.

Otro método adoptado para mitigar el continuo crecimiento de los nodos en la Blockchain propone alojar las transacciones activas en un archivo externo y eliminar las transacciones antiguas de la cadena. Si bien esta técnica reduce el tamaño de los nodos, se elimina una gran parte del historial de la Blockchain.

Si bien las técnicas mencionadas logran parcialmente reducir el tamaño de los bloques, gran parte del registro de las transacciones no quedan almacenadas, amenazando así la trazabilidad y transparencia en la red. Para mitigar este problema, algunos sistemas basados en Blockchain utilizan los servicios descentralizados de almacenamiento que proporciona el protocolo Interplanetary File System (IPFS) [8],[9].

INTERPLANETARY FILE SYSTEM (IPFS)

Interplanetary File System (IPFS) es un protocolo de intercambio de archivos, basado en una arquitectura distribuida peer-to-peer, que permite tener un servicio de almacenamiento de datos descentralizado. Su creador Juan Benet impulsó este proyecto de libre distribución de archivos cuyos motivos principales son la libertad de expresión sin censura, la importancia de transformar la web en una web más descentralizada así como también preservar el historial de información de los usuarios mediante un mecanismo que garantice la permanencia de recursos en la web. En el seminario llevado a cabo en la Fundación Long Now en San Francisco,(2018) [8], Benet enumera los problemas aún sin resolver en la web, como ser el mal funcionamiento en IoT y mobile, la falta de conectividad ante la falla de un nodo, la censura por parte de las empresas de software, las personas que están limitadas al acceso a internet y la vulnerabilidad a ataques informáticos que presenta la web.

Para mitigar estos problemas mencionados anteriormente Benet propone IPFS como una alternativa que desafía los problemas de la web actual haciendo de esta un sitio robusto, fiable, descentralizado y libre de políticas de censura de información. IPFS es un proyecto de software libre en activo desarrollo.

En el trabajo [10] se pueden encontrar en detalle las características que relevamos como destacadas para seleccionar a IPFS, entre ellas destacan que IPFS se basa en el principio de búsqueda por contenido de archivo, no por nombre, título o locación [11] y que ningún nodo de una red IPFS tiene privilegios sobre otro nodo. Por motivos de espacio en este trabajo nos concentramos específicamente en presentar a continuación los aportes que hace IPFS a implementaciones de Blockchain.

Aportes de IPFS a implementaciones de Blockchain

Atendiendo a la problemática del volumen de almacenamiento requerido por Blockchain, la propuesta de los autores en [8], consiste en almacenar las transacciones en una red Blockchain y utilizar IPFS para alojar los archivos.

Cada bloque contiene un único hash identificado en la red IPFS el cual hace referencia al archivo imagen generado. Cuando un nodo solicita unirse a una cadena de bloques, se verifica el formato de las transacciones del nodo, así como también que cumplan con el protocolo de consenso de la red Blockchain. Una vez que se verifican las transacciones se agregan las existentes desde el nodo previo al nuevo nodo solicitante resolviendo una operación compleja como un "cripto puzzle" [4], calculando el hash del bloque que se va a agregar. Una

transacción puede ser de gran tamaño más aun si cada bloque va acumulando transacciones de otros bloques, lo cual hace que ocupen espacio muy rápidamente y el nodo crezca considerablemente en cada transacción que se genera en la Blockchain. El tamaño de un hash generado en una red que utiliza IPFS es de 46 bytes, por lo que si en vez de registrar la transacción en el nodo, solo registramos el hash que identifica al archivo en IPFS se logra reducir significativamente el tamaño de un bloque. Además, como se presenta en [7], IPFS no solo logra un buen desempeño en cuanto al almacenamiento sino que también mantiene la inmutabilidad y consistencia de la información, características y principios fundamentales de una red Blockchain.

Otro problema de sistemas distribuidos respecto a sistemas centralizados es el que IPFS porta soluciones es respecto a la confiabilidad de las fuentes de información, un ejemplo de ello es el sitio StackExchange [12]. En un sistema distribuido se torna más complejo demostrar ser un proveedor fiable de contenido. Para abordar esta problemática en [12] proponen una arquitectura en la cual utilizan una red IPFS para el almacenamiento de información así como también un sistema de puntaje mediante el cual los agentes proveedores son calificados según proporcionen datos de calidad. Tomando como referencia las reglas en las que se basa el sitio de preguntas y respuestas StackExchange, cada respuesta tiene una reputación asociada, la cual viene dada por la contribución a la comunidad que la misma produce.

En [13] los autores proponen que cada agente en el sistema, sea modelado como un objeto IPFS, por lo cual los agentes consultores, o sea los que realizan la consulta, tendrán almacenado su identificación criptográfica según como lo modela IPFS, título y descripción de la consulta. Cualquier agente puede contestar a la pregunta realizada por los agentes consultores, pero para convertirse en un proveedor fiable del sistema, se propone que las respuestas sean valoradas por votos. Cada agente que responde también es modelado como un objeto IPFS, almacenando su hash de identificación, el enlace (del árbol merkle) a la pregunta que responde y su respuesta. Cada agente que brinda una respuesta a una pregunta, tiene además asociado los votos que califican la calidad de la información. Estos almacenan el voto como un puntaje, el autor el cual responde y el link merkle hacia la pregunta. Si la respuesta es satisfactoria, basta con que un agente votante emite su voto, si la respuesta tiene tres agentes votantes entonces allí es donde se convierte en un proveedor confiable.

Se utiliza Blockchain Ethereum como mecanismo de coordinación entre los agentes que proveen información, los votantes y los que realizan las consultas, de esta forma se asegura la consistencia en la distribución de información y se controla por ejemplo mediante un contrato inteligente que los votantes voten la respuesta una única vez.

La propuesta de los autores [13], presenta un mecanismo de chequeo de información alternativo para un sistema distribuido, fusionando tecnologías como IPFS y Blockchain. Modela a los agentes como objetos IPFS tomando las ventajas de inmutabilidad y almacenamiento de IPFS haciendo referencia a la información en un puntero (merkle link), el cual reduce considerablemente el espacio de almacenamiento de cada agente.

Si bien la propuesta aborda un tema difícil como es comprobar la calidad de información en un sistema distribuido, el artículo [13] presenta un débil boceto del sistema fusionando IPFS y Blockchain, siendo muy escueto a la hora de brindar detalles más certeros por ejemplo, cómo es que realiza la coordinación de los agentes utilizando Ethereum Blockchain. Es un buen ejemplo teórico que muestra el alcance al fusionar tecnologías como IPFS y Blockchain, pero no se presenta como una solución global observando que para ciertos contextos los sistemas centralizados logran un mejor desempeño.

Considerando específicamente el uso de IPFS en el escenario de educación, el trabajo [14] aborda el problema de gestión y adopción de Recursos Educativos Abiertos (REA). En la actualidad, la mayoría de los recursos educativos abiertos son almacenados en sistemas centralizados, siendo estos controlados por el propietario del servidor el cual los almacena.

Tradicionalmente para generar un REA se atraviesan dos etapas, creación y adopción. En la etapa de creación de un REA, los expertos en el contenido envían el material a la plataforma donde se almacenará y compartirá. Una vez que el recurso ya se encuentra en la plataforma, pasa a la etapa de adopción en la cual se lo edita para ser examinado, se evalúa la calidad del contenido y se mejora o adapta en caso de ser necesario. Ante este flujo de información, algunos de los problemas actuales que enfrentan los sistemas de almacenamiento de REAs son: dificultad en el rastreo y seguimiento de los recursos, autenticidad del contenido, problemas con las licencias así como también atribuciones de autoría.

Para mitigar estas dificultades, el trabajo [14] se propone implementar un framework descentralizado

utilizando contratos inteligentes [15] en una red blockchain Ethereum e IPFS para el almacenamiento de los REA. La propuesta consiste en dividir en dos etapas la suba y generación de los REA. Hay dos actores principales: los proveedores de los REA y los consumidores. En la primera etapa los proveedores utilizan IPFS para almacenar los recursos, una vez almacenados estos se les devuelve un hash que los identifique en la red IPFS. Con esto se asegura la inmutabilidad del recurso solo por el hecho de pertenecer a la red IPFS.

En la segunda etapa se comienza con la verificación del recurso ingresado, para ello deberán proporcionar el hash que se obtuvo en la primera fase, allí se lo verifica y en caso de ser necesaria alguna corrección lo vuelven a subir a la red IPFS. Cuando el REA es validado, el proveedor ejecuta un contrato inteligente en la red IPFS, utilizando los criterios de la licencia Creative Common. Una vez que el REA es aprobado y subido a IPFS, se genera un contrato inteligente para incorporar en la blockchain, por el cual mediante un mecanismo de consenso cada nodo es responsable de verificar y controlar la calidad de la información a través de la ejecución de un contrato inteligente.

El Proyecto ERANet-LAC SELI: “Smart Ecosystem for Learning and Inclusion” [1] es un proyecto que reúne a instituciones educativas de Europa, América Latina y el Caribe, siendo una plataforma educativa interuniversitaria. El objetivo de SELI es ofrecer un ecosistema de aprendizaje inclusivo ofreciendo un espacio en donde los estudiantes puedan tener acceso a materiales y cursos dictados por docentes de distintas instituciones educativas alrededor del mundo.

La arquitectura del proyecto SELI es una combinación de arquitecturas centralizadas y arquitecturas distribuidas. Por un lado se tiene una plataforma centralizada por la cual los estudiantes y docentes acceden a los cursos que ofrece SELI. Cuando un docente crea un curso y desea subir a la plataforma SELI el material asociado al curso, este proceso está basado en una arquitectura completamente centralizada.

Por otro lado para brindar certificaciones digitales, SELI cuenta con una red privada Blockchain Ethereum integrada por servidores de los países Ecuador, Finlandia y Uruguay.

Ante la inminente demanda de almacenamiento de recursos por parte de los usuarios de SELI sumado a los escasos recursos económicos para invertir en infraestructura, surge la necesidad de pensar una solución que mitigue el problema de almacenamiento.

Con base en los trabajos [7,13] y [14] se analiza la incorporación de IPFS a la arquitectura de SELI. Para la integración de IPFS dentro de SELI primero se simuló la carga de imágenes a través de un proyecto web simple el cual simulaba el módulo “cursos” en SELI. Ipfs-http-client es la librería que maneja archivos de browser la cual permite de forma sencilla poder integrar IPFS en cualquier proyecto web. Luego de varias pruebas se incorporó dicha librería a SELI obteniendo resultados incompatibles con los obtenidos en la demo inicial.

A continuación se presentan los escenarios analizados para la incorporación de IPFS dentro de la plataforma SELI.

SELI Escenario I

Para el primer escenario se planteó la idea de integrar IPFS dentro del módulo Cursos de la plataforma SELI. Dentro del modulo existe un sub-módulo en el cual los docentes y estudiantes puede subir imágenes a su perfil. En principio se decidió acotar el espacio de integración de IPFS a modo de prueba para medir el desempeño de IPFS dentro de SELI. En la **Figura 1** se muestra la interacción del usuario al subir una imagen en el sitio, en el primer paso el tutor crea el curso y carga su imagen de perfil. Luego dentro del sistema comienza la interacción con el protocolo IPFS mediante la librería ipfs-http-client la cual se configuró para que utilice una red pública como servidor de almacenamiento, así se muestra en la interacción SELI - IPFS. El archivo se almacena dentro de la red pública IPFS y este le devuelve el hash que se asocia al archivo. Una vez que se recibe el hash asociado al archivo que se almacenó, se inserta un registro en la base de datos con los datos hashIPFS, fecha almacenamiento, usuario y curso asociado.

De esta forma se pasa de almacenar una imagen y su registro asociado, a sólo almacenar una tupla en la base de datos con el hash de tipos string devuelto por el protocolo IPFS.

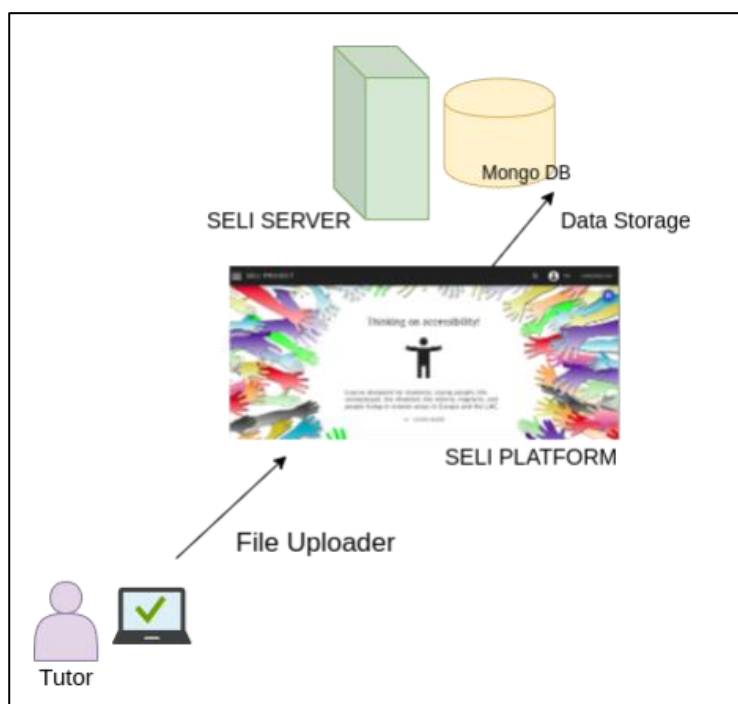


Figura 1. Escenario I SELI.

En este escenario encontramos dificultades asociadas a la escasa madurez que presenta aún IPFS. IPFS es una tecnología en desarrollo sin la robustez necesaria para acoplarse bien a todas las tecnologías que están en uso hoy en día. Este factor es determinante a la hora de utilizar las librerías que ofrece IPFS para su inserción en un proyecto y SELI no fue la excepción. Las librerías que IPFS ha desarrollado son varias, pero solo `ipfs-http-client` es la que se encuentra completa en cuanto a los servicios que expone, por ejemplo es la única librería que maneja archivos de browser, esencial para el objetivo de que el usuario pueda cargar archivos a través de un sitio web. El resto de las librerías que se probaron no eran de nuestra utilidad debido a que ninguna tiene implementada aun la funcionalidad de poder trabajar con archivos blob. Realizamos un proyecto web demo utilizando las mismas tecnologías que utiliza SELI que son React y Node JS con excepción de Meteor que no lo utilizamos dentro del proyecto demo [16]. El objetivo es interactuar con la librería y adaptarla en un principio a un proyecto web simple. Se simuló la carga de imágenes a través de un sitio web, se configuró la librería utilizando el servicio Infura y obtuvimos la dinámica esperada. Se pudo obtener el hash del archivo y guardarlo en la red IPFS pública. El delay de respuesta por parte del servidor Infura se mantuvo estable alrededor de unos dos segundos por cada imagen que se cargó al servidor. A partir de este caso exitoso y luego de familiarizarnos con la librería, pasamos a incorporar la misma en SELI. El hecho de haber realizado con éxito las pruebas preliminares nos dio una base de conocimiento para así facilitar la ardua tarea de incorporar dicha librería en un proyecto de mayor complejidad como lo es SELI. SELI utiliza el framework Meteor, si bien en un principio no pareció un impedimento, realizamos los mismos pasos para incluir la librería pero en el momento de probar el mismo caso de uso que realizamos para el proyecto web base, METEOR +IPFS no funcionó. La ocurrencia del error indica: `"ipfsClient is not a function at ipfs.js"`, indicando que la función principal de la librería no es reconocida dentro del proyecto. Para solucionarlo se modificó el archivo `package.json` de la librería `ipfs-http-client`, este archivo hace referencia para instalar las dependencias necesarias en la librería. En este caso el problema que detectamos fue un tema en cómo Meteor incluye las librerías para que el navegador pueda compilarlas. IPFS interactúa con el servicio Infura y este devuelve el hash asociada a dicho archivo. Este código es el mismo utilizado en la demo que construimos para interiorizarnos con la librería. El mismo código que funciona en un proyecto web base con las mismas tecnologías React + Node JS, no funcionó para el proyecto SELI. Detectamos entonces que el problema seguía persistiendo con el framework Meteor, ahora al cargar un archivo en la red IPFS nos devuelve el error `"cannot read property xxx"`, detectando que el problema reside en que solo soporta texto y no archivos por lo cual no nos fue útil para el proyecto. Sin encontrar información que nos fuera de utilidad para desarrollar una solución al problema nos comunicamos con los desarrolladores de la librería exponiendo el contexto de pruebas que estábamos realizando pero no obtuvimos respuesta alguna. La falta de información acerca de Meteor + IPFS sumado a la escasa documentación de las librerías IPFS en sí junto con Meteor, hacen ardua la tarea para

encontrar una posible solución. Esta situación nos llevó al Escenario II.

SELI Escenario II

Para el segundo escenario se consideran los tres servidores de instituciones educativas interconectados entre sí que integran la red Blockchain de SELI. Esta red se dedica a crear diplomas digitales a través de smart contracts, lo cual le permite a los alumnos obtener una certificación cada vez que culminan un curso en la plataforma. Para sacar mayor provecho al uso de esta red de servidores introducimos el concepto de crear una red IPFS-Cluster con el objetivo de descentralizar el almacenamiento de archivos en SELI. IPFS-Cluster tiene como objetivo principal ser una red descentralizada de distribución de archivos de forma que cada nodo que compone el cluster contenga una réplica de los demás nodos. Una red cluster IPFS [15] es una aplicación distribuida que funciona como un orquestador en una red IPFS, cuya función es alojar de forma inteligente los ítem de los pares que conforman la red. Cada nodo que forma una red cluster debe correr el demonio IPFS y esta instalación se realiza aparte del cluster. Por tal motivo decimos que el cluster es un orquestador dentro de una red IPFS. El cluster IPFS está compuesto por tres servicios `ipfs-cluster-service`, `ipfs-cluster-ctl` e `ipfs-cluster-follow`. Estos servicios se instalan por separado, `ipfs-cluster-service` es el principal siendo el que realiza las configuraciones dentro del cluster. Luego tenemos el servicio `ipfs-cluster-ctl` que es el que se comunica con otro nodo del cluster y además se encarga de replicar los archivos que son agregados a esta red. Por último se tiene el servicio `ipfs-cluster-follow` el cual oficia de sustituto de `ipfs-cluster-service`, siendo una combinación de ambos servicios `ipfs-cluster-service` e `ipfs-cluster-ctl`. En la [Figura 2](#), se muestra la arquitectura que engloba al cluster IPFS, cada nodo tiene por separado los dos servicios IPFS por un lado y el servicio IPFS-cluster por otro.

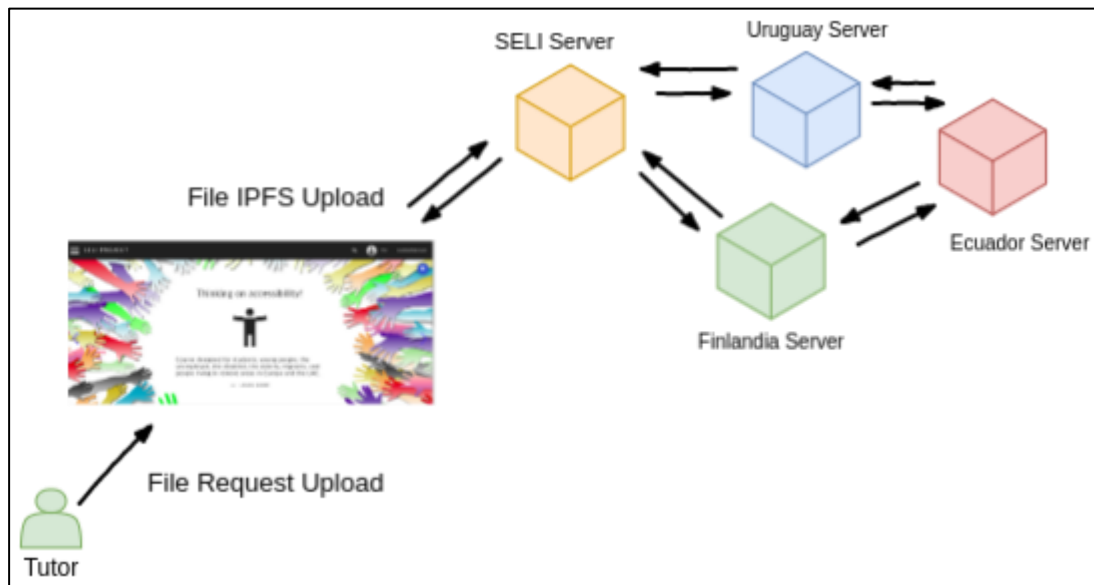


Figura 2. Escenario II SELI.

A modo de ejemplo, si subimos un archivo al nodo SELI, este se sube al cluster, a su vez el cluster lo replica en el nodo de Uruguay, Ecuador, Finlandia. Lo que se replica es el hash IPFS el archivo queda localmente alojado en la red local IPFS del nodo SELI. Es importante destacar que no hay duplicación de archivos, que cada vez que un archivo se sube a una red IPFS se genera un hash según contenido del archivo, y solo el hash es el que se replica en el resto de los nodos. Resulta en una buena solución para la distribución de archivos, favorece la distribución inteligente entre servidores y el balance de carga. Esta mejora en la eficiencia, se logra mejorando el balance de la carga a la que están sometidos tanto los servidores que alojan los contenidos como los enlaces que interconectan las distintas secciones de la red, eliminando posibles cuellos de botella y sirviendo los datos en función de la cercanía geográfica del usuario final.

Escenario D-SELI

Los dos escenarios anteriores proponen una mejora en la realidad actual del proyecto. En el escenario inicial realizamos un análisis de la arquitectura del proyecto en el cual encontramos una fuerte incompatibilidad a la hora de incluir IPFS. A raíz del caso inicial se propone una solución alternativa para incluir una red privada basada en IPFS para el almacenamiento de recursos educativos en SELI. Ninguna solución propuesta anteriormente logra aprovechar al máximo el potencial que brinda el protocolo IPFS, para eso se necesita hacer un cambio radical desde los cimientos de la aplicación. En esta sección se propone una nueva aplicación basada en una arquitectura descentralizada fusionando dos tecnologías: Blockchain e IPFS.

D-SELI es la versión descentralizada del proyecto SELI. Se propone cambiar el paradigma con el cual se trabaja en la versión SELI pero manteniendo la misma filosofía que impulsó al proyecto desde sus comienzos. La propuesta D-SELI consiste en utilizar tecnología Blockchain e IPFS como el protocolo que maneja el almacenamiento de los recursos en la aplicación. La idea es que cada usuario de la aplicación D-SELI sea un nodo IPFS dentro de una red Blockchain, donde los recursos educativos se almacenarán en la red IPFS compuesta por todos los usuarios D-SELI. Cuando un usuario se une a D-SELI, participa o dicta cursos de su propia formación o interés por lo que compartir recursos educativos es una funcionalidad esencial dentro de la plataforma. Resulta entonces adecuado tener una biblioteca personal del usuario donde almacenará y dispondrá de sus archivos los cuales a su vez son compartidos y accesibles para todos aquellos que así deseen. En la [Figura 3](#) se muestra gráficamente esta arquitectura, destacándose la no existencia de un servidor central que almacene información, sino que cada usuario de D-SELI auspicia de cliente-servidor.

D-SELI pretende ser una alternativa descentralizada con respecto al proyecto original SELI donde el reto mayor es el cambio cultural que desafía a los usuarios a incorporar una dinámica diferente con respecto a la original. Sin embargo creemos que esta puede ser una incorporación valiosa para el proyecto, permitiendo generar un espacio de intercambio entre los usuarios de la plataforma fortaleciendo de esta forma el concepto de inclusión que brinda.

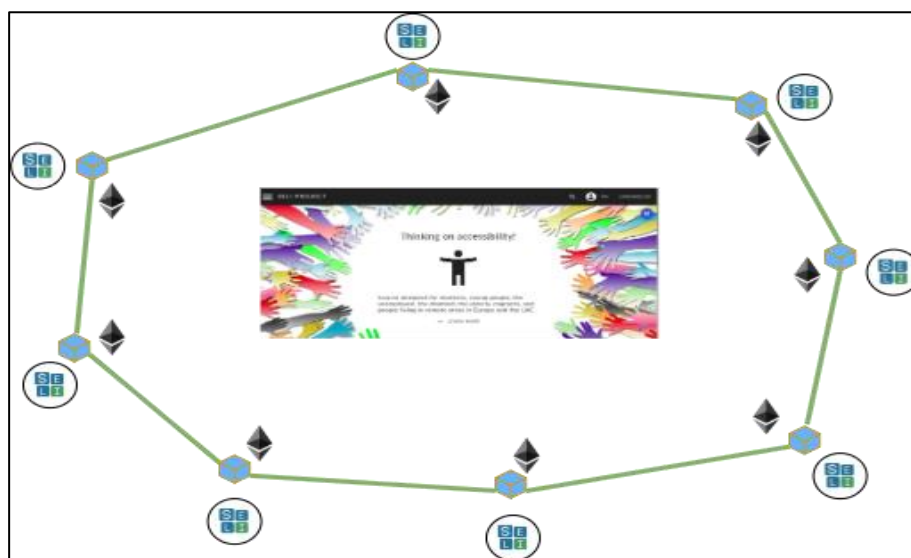


Figura 3. Escenario D-SELI.

CONCLUSIONES Y TRABAJOS FUTUROS

En este trabajo se ha presentado el estudio del protocolo IPFS como una alternativa para la distribución de archivos en la web, en especial se presenta la incorporación de IPFS dentro de la plataforma Blockchain educativa del proyecto SELI. Si bien no resultó exitosa su incorporación debido a incompatibilidades con el framework METEOR sobre el cuál está implementada la plataforma de SELI actualmente, se obtuvieron resultados que permitieron analizar el impacto de utilizar IPFS como protocolo alternativo para la distribución de archivos

dentro de distintos escenarios para futuros desarrollos de la plataforma SELI u otras similares. Decidimos trabajar sobre la plataforma IPFS por ser una de las más populares y estables hasta el momento. IPFS es direccionable por contenido, de código abierto, siendo un sistema de archivos distribuido globalmente que se puede utilizar para almacenar y compartir un gran volumen de archivos con alto rendimiento [13]. Por otro lado, IPFS tiene como principal objetivo cambiar la forma de interacción de la web. Si bien hoy se encuentra en una etapa alfa de desarrollo, está evolucionando para lograr mitigar el problema de permanencia de datos en la web. Juan Benet [8] es un gran impulsor de la descentralización de información y la no censura, motivando a que cada vez sean más los usuarios que se animen a cooperar en intercambiar información a través de la utilización de aplicaciones descentralizadas basadas en arquitecturas peer-to-peer. IPFS promueve la no censura de información alentando a alojar sitios web basados en IPFS que aseguran la permanencia de información carente de una autoridad centralizadora. Sin duda alguna IPFS está cambiando la forma de interactuar en la web, cada vez son más los proyectos que buscan integrar IPFS a su solución, lo cual se potencia con el proyecto Filecoin [17] del mismo autor, abriendo un nuevo mercado, donde por primera vez el cliente firma un contrato con un agente como garantía. No solo es un nuevo mercado, sino que además genera una nueva forma de pensar la economía. A través de la moneda digital Filecoin (FIL), como incentivo a generar ganancias mientras se aprovechan recursos de hardware de aquellos que desean sacar beneficio del espacio libre en sus dispositivos.

Tomar al proyecto SELI como caso de estudio es un buen ejemplo, en especial porque el objetivo del proyecto es ser una plataforma de inclusión educativa abierta, proporcionando acceso a materiales y cursos que faciliten y ayuden al estudiante en su proceso de aprendizaje, y por último como desafío mantener a los usuarios incentivados para seguir utilizando la plataforma.

Por lo anteriormente dicho en el contexto el cual se presenta SELI, promover el desarrollo de la plataforma D-SELI basada en una arquitectura descentralizada, utilizando IPFS como protocolo de almacenamiento de recursos, junto con la idea de crear un token propio como incentivo, puede generar buenos resultados a corto plazo.

REFERENCIAS

- [1] V. Martins, M. Eliseo, O. Akyar, V. Jauregui, B. Caussin, R. Motz, J. Suhonen, and L. Tomczyk, "Digital storytelling and blockchain as pedagogy and technology to support the development of an inclusive smart learning ecosystem." *Trends and Innovations in Information Systems and Technologies*, vol. 3, 2020.
- [2] S. Raval, *Decentralized applications: harnessing Bitcoin's blockchain technology.* " O'Reilly Media, Inc.", 2016.
- [3] T. B. E. Network, "Blockchain education network," <https://blockchainedu.org/>, 2019
- [4] J. Santos and K. H. Duffy, "A decentralized approach to blockcerts credential revocation," *A White Paper from Rebooting the Web of Trust V*, 2018.
- [5] L. Frederiksen, "Digital badges," *Public Services Quarterly*, vol. 9, no. 4, pp. 321–325, 2013.
- [6] S. Nakamoto, "Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system," *Decentralized Business Review*, p. 21260, 2008.
- [7] R. Kumar and R. Tripathi, "Implementation of distributed file storage and access framework using ipfs and blockchain," in *2019 Fifth International Conference on Image Information Processing (ICIIP)*. IEEE, 2019, pp. 246–251.
- [8] J. Benet, "Ipfs-content addressed, versioned, p2p file system," *arXiv preprint arXiv:1407.3561*, 2014.
- [9] R. C. Merkle, "A digital signature based on a conventional encryption function," in *Conference on the theory and application of cryptographic techniques*. Springer, 1987, pp. 369–378.
- [10] R. D. Boghosian, "Distribucion de archivos con ipfs en una red blockchain educativa," *Tesis de maestría*. Universidad de la República, Uruguay, 2022.
- [11] L. Protocols, "What is ipfs? decentralization," <https://docs.ipfs.io/concepts/what-is-ipfs/>, 2015.
- [12] N. Oliveira, M. Muller, N. Andrade, and K. Reinecke, "The exchange in stackexchange: Divergences between stack overflow and its culturally diverse participants," *Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction*, vol. 2, no. CSCW, pp. 1–22, 2018.

-
- [13] A. Tenorio-Fornes, S. Hassan, and J. Pavon, "Open peer-to-peer systems over blockchain and ipfs: An agent oriented framework," in Proceedings of the 1st Workshop on Cryptocurrencies and Blockchains for Distributed Systems, 2018, pp. 19–24.
- [14] U. Marjit and P. Kumar, "Towards a decentralized and distributed framework for open educational resources based on ipfs and blockchain," in 2020 International Conference on Computer Science, Engineering and Applications (ICCSEA). IEEE, 2020, pp. 1–6.
- [15] P. Labs, "Ipfs cluster," <https://cluster.ipfs.io/>, 2018.
- [16] R. Der Boghosian, "Github reyna der boghosian," <https://gitlab.fing.edu.uy/reyna.karine.der/ipfs-en-plataforma-seli>, FING, 2022.
- [17] J. Benet and N. Greco, "Filecoin: A decentralized storage network," Protoc. Labs, pp. 1–36, 2018