ENTREGABLE 3

Título de la especificación: Entorno y arquitectura Blockchain para la gestión descentralizada de contratos PPA

Alcance de la especificación: Entorno y arquitectura Blockchain

País de aplicación: España

Elaborado por: Aeorum (Empresa colaboradora) / Metrica6 (empresa colaboradora)

Responsable de la revisión: Yesnier Bravo

Acceso a la aplicación : https://app.energysequence.com

user : thd@thd.es |password : thd

ÍNDICE

1. Especificación de análisis y diseño de la arquitectura
2. Capturas de pantalla de transacciones con la red Blockchain
3. Contador inteligente

1- ESPECIFICACIÓN

Fecha de la especificación:

Versión	Fecha
V0 (versión inicial de Aeorum)	31/05/2020
V1 (revisión)	05/06/2020

1. Objeto de la especificación

El objetivo es especificar y diseñar la arquitectura de la infraestructura Blockchain que que permita la interoperabilidad y coordinación con sistemas de medición y verificación para la gestión de contratos de suministro de energía renovable tipo PPA.

Esta arquitectura debe contar con una estructura de nodos y componentes específica para la tecnología Blockchain objetivo y, por lo tanto, también contarán con unas necesidades de conectividad concretas y un HW específico que soporte las operaciones que deban realizar.

2. Antecedentes

En la actualidad, Bettergy promueve activamente las instalaciones de autoconsumo en la costa andaluza, una de las mejores zonas de radiación solar de España. Supervisa el desarrollo,

construcción y seguimiento de la instalación, trabajando junto con otras plataformas e inversores para financiar los proyectos.

¿Cómo funciona un proyecto fotovoltaico? Un **cliente** quiere beneficiarse de una factura reducida de energía renovable sin inversión inicial, y un **inversor** en energías renovables construye la planta en las instalaciones del cliente, por un pago mensual. La potencia de la instalación y el precio, junto con otras cláusulas contractuales se establecen en un acuerdo PPA que controlará la relación durante un período de años.

La plataforma empresarial de Bettergy, llamada EnergySequence, ya estaba siendo mejorada con el desarrollo de un módulo para gestionar contratos PPA. Entre las funcionalidades implementadas encontramos monitorización de la energía producida por una planta fotovoltaica, analíticas de producción y financieras, y calculando facturas. Sin embargo, esta solución no era suficiente para un consumidor que sin experiencia financiera debía firmar un PPA por más de 10 años.
Sin embargo, vemos que aún falta una garantía en la trazabilidad de la producción, no existen sistemas que proporcionen un proceso de medición y verificación de forma independiente y descentralizada para los firmantes del contrato PPA. Además, no existe una verificación fiable entre la producción real y la factura correspondiente donde se refleja el precio pactado, a lo largo de la duración del contrato.

Se quiere resolver los problemas anteriores y agregar valor al proceso de contratación del autoconsumo solar fotovoltaico utilizando la tecnología Blockchain.

La solución aquí definida, integrando la Blockchain en distintas etapas de la gestión de un contrato PPA, permite descentralizar y automatizar el proceso y dar mayor seguridad y confiabilidad a las inversiones en proyectos fotovoltaica, creando nuevas oportunidades de negocio para Bettergy.

3. Especificación

Para cubrir con los requerimientos planteados se propone una solución caracterizada por los elementos siguientes:

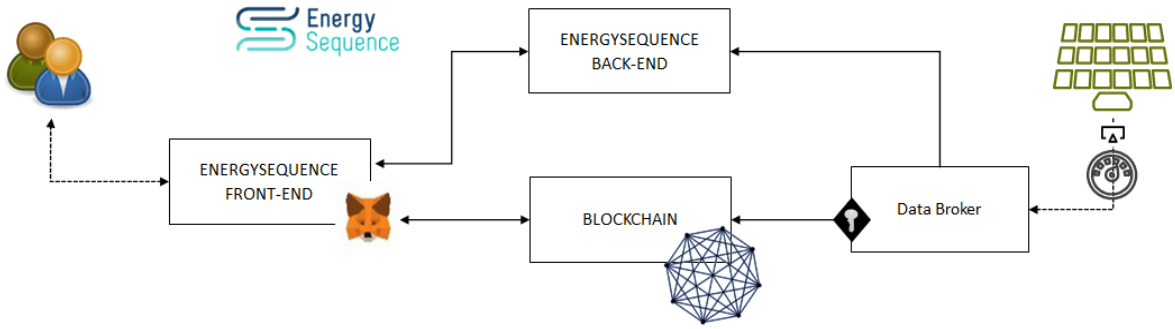
a) **Contrato inteligente** desplegado en una red Ethereum Quorum para gestionar el ciclo de vida de los PPAs
b) **Data Broker** o dispositivo de medición instalado en las plantas fotovoltaicas, que se integra con Blockchain para enviar datos de producción desde el origen.
c) **EnergySequence**, actualización de la plataforma de gestión de energética para gestionar la identidad Blockchain del usuario y la integración directa con la red.

Que se especifican con más detalle a continuación:

Arquitectura de la solución propuesta

Con el objetivo de resolver los problemas planteados, proponemos una solución rentable para gestionar PPA mediante la integración de la tecnología Blockchain, la tecnología de sensores o componentes IoT y una plataforma de gestión de energía, cuya infraestructura se muestra a

continuación.



En la Figura se muestra una descripción general técnica de la solución diseñada, cuyo flujo de comunicación es el siguiente:

1. Los productores y consumidores, que acceden a la plataforma EnergySequence, integrada con el backend y el Blockchain, para brindar un flujo de datos más confiable.
2. Un proveedor de Web3 como *Metamask*, ayuda a seleccionar las cuentas de los usuarios y a firmar transacciones sin intermediarios.
3. Un intermediario de datos envía algunos datos agregados, desde la planta fotovoltaica al BC, manteniendo así la información cerca de la fuente.
4. El backend EnergySequence puede recuperar los datos de producción sin procesar en cualquier momento para ejecutar un análisis avanzado del PPA.

Consideremos el proceso principal de creación de un PPA en EnergySequence. Primero, el productor crea el PPA, luego el consumidor debe firmarlo para que sea válido. Una vez que el usuario acepta la transacción, se envía al nodo BC conectado que inicia el proceso de minería para poner la transacción en un bloque para que se registre el PPA. Cuando el consumidor ingresa a la plataforma y aún no se ha firmado el contrato, se muestra una solicitud de firma. Nuevamente, Metamask se usa aquí como un puente de comunicación entre ES Frontend y Blockchain para actualizar el estado del contrato.

A continuación se especifican las funciones y características de cada una de las componentes principales.

Tecnología Blockchain

Para gestionar el ciclo de vida de los PPA se propone implementar un Smart Contract en lenguaje Solidity para una red **Ethereum Quorum**, en particular la red Net-T de Alastria. El Smart Contract debe cubrir la creación de un PPA por parte de los productores y su firma por parte de los consumidores.

La red Ethereum Quorum

Se mencionan a continuación las principales características de la tecnología Blockchain seleccionada. Además, se expone el beneficio de la estrategia seleccionada para el caso de uso de negocio implementado en perspectiva de otras tecnologías similares.

- **Código abierto/cerrado**

  El código no será publicado inicialmente. Se plantea desplegar una red privada, que será mantenida por las comercializadoras que participen en la solución. A futuro se pudiera valorar desplegar la solución en una red pública, para mayor transparencia de la solución, controlando los costes de transferencias asociados, buscando mayor internacionalización y seguridad de la solución. Igualmente, el planteamiento para el caso de uso de Trazabilidad ha sido crear una red permisionada donde sólo los actores del sistema tengan acceso para la introducción de datos. El código necesario se mantendrá en privado para los actores que formen parte de la red.

- **Membresía de la red**

  En general, Ethereum no tiene un concepto de membresía, es decir no se controlan quién se conecta a quién. En este caso se puede usar una gestión a nivel de comunicaciones, por ejemplo, limitaciones por IP. No obstante, se plantea usar concretamente una red Quorum, un tipo particular de red Ethereum que aporta un concepto de membresía a nivel de red. La red para es privada para sus miembros, por lo que ningún actor externo deberá poder entrar.

- **Tipos de transacciones, privacidad y seguridad**

  Toda transacción es visible por cualquier usuario de la red. La información de los contratos PPA que se gestionan puede ser limitado por Smart Contract. Sólo un usuario con una dirección (firma digital) válida podrá emitir transacciones en su nombre. En caso de usar un middleware entre la plataforma y la blockchain, es este quien emite las transacciones, y quien tiene acceso a ellas. Para los casos de uso seleccionados se velará que la red permanece privada y sólo se publican los datos mínimos necesarios.

- **Modularidad**

  Ethereum no tiene una estructura modular, como sí lo tiene Hyperledger y otras tecnologías. La componente fundamental de Ethereum son los contratos inteligentes y son los que exponen los casos de uso en esta capa de la solución. Los SmartContracts se desarrollarán en el lenguaje Solidity, con una arquitectura ligera. La motivación principal para la utilización de esta estructura es evitar la complejidad tanto para evitar los costes en el despliegue, así como para facilitar la introducción de cambios por nuevas funcionalidades o por fallos detectados.

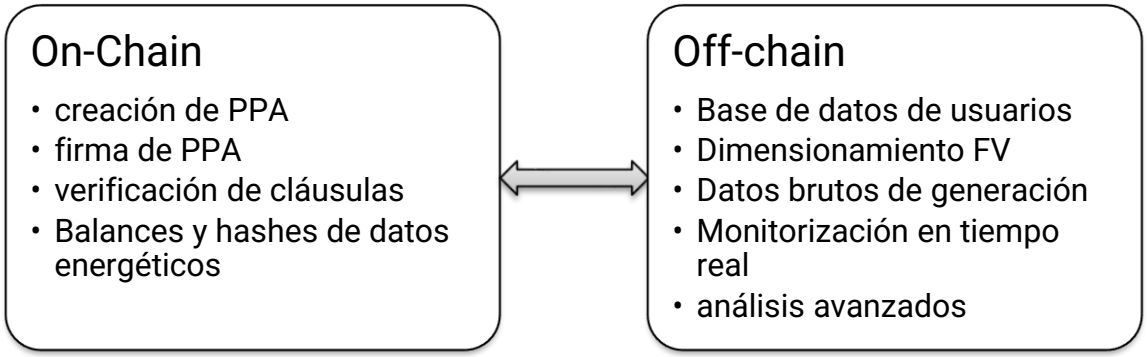
- **Escalabilidad**

  La escalabilidad está muy ligada a la tecnología usada y al tipo de despliegue efectuado. En el caso de Ethereum, cada nodo debe procesar cada una de las transacciones que ocurren en la red. Esta condición proporciona a la cadena de bloques máxima seguridad, teniendo en cuenta que la validación de los datos sucede en cada uno de los bloques y en todos los nodos participantes de la red.
  Al mismo tiempo, esto significa que una cadena de bloques es tan rápida como sus nodos individuales. Las transacciones que ocurren en una cadena de bloques se registran y ejecutan en serie, un tras de otra, de una manera lineal, no en forma paralela que sería lo óptimo. En general, la escalabilidad está sujeta al número de nodos en la

red pues todos ellos deben sincronizarse y almacenar la misma información. La escalabilidad será mayor cuanto más restringida es la red.
En nuestro caso, al tratarse de una red permisionada el número de nodos es pequeño. De esta forma, evitamos los problemas de escalabilidad que tienen la mainnet hoy en día, tanto en tamaño de datos a almacenar como en tiempo de ejecución de los algoritmos de consenso. Por otro lado, al usar el cliente geth también se puede optar por el algoritmo de consenso *PoA (Proof of Authority – prueba de autoridad)*, lo que simplifica la ejecución de las transacciones.

Estrategia on-chain/off-chain

Los PPA siguen una estrategia on-chain/off-chain específica que considera el principio de minimización de datos. Los datos de PPA registrados en la Blockchain incluyen solo la información requerida para verificar las cláusulas y cerrar saldos, mientras que la información personal debe mantenerse en bases de datos externas. Este enfoque cumple con las regulaciones de privacidad vigentes.



El contrato inteligente puede validar las cláusulas PPA y cerrar los saldos de las cuentas durante un período, junto con algunas otras funciones de gestión auxiliares. De la misma manera, solo los datos agregados están disponibles en la cadena a partir de los datos de producción completos, atendiendo a la escalabilidad y el rendimiento. Para permitir esta acción, el Smart Contract gestiona la agregación de medidas enviadas por los contadores.

Instalación de un nodo de Alastria

guías para empezar desplegar el nodo de Alastria. Una vez desplegado el nodo servirá como punto de acceso a la red y al contrato que actualmente hay desplegado.

- Cómo poner en marcha un nodo regular en la red Telsius de Alastria
- Como desplegar un Smart Contract contra la red T de Alastria
- Uso de Websockets en la red T de Alastria

Data Broker integrado con Blockchain

Otra de las componentes principales de la solución propuesta es un equipo físico de medición o analizador IoT, desplegado en una instalación eléctrica, capaz de comunicarse directamente con la Blockchain para el envío de datos energéticos.

Aplicaremos nociones de *EdgeComputing* para preprocesar la enorme cantidad de datos generados a nivel de sensor, para permitir una comunicación de datos eficiente desde el sensor, lo que aumenta la vida útil de la batería de los sensores.

Se analizó el contexto de la arquitectura donde se ubica la aplicación y los módulos y requerimientos no funcionales incluyendo las capacidades físicas de un equipo de medición, además de los aspectos de comunicación e interacción.

La integración de un equipo de medición a la Blockchain se enmarca en el contexto de aplicaciones de proveedores de datos en la Arquitectura de Referencia planteada. Al igual que en otros contextos está definido por una lógica de la aplicación, que en este caso es toda la parte de lectura de las medidas eléctricas. Por otro lado, se diseña un module software de cliente para la integración y envío de datos a la Blockchain.

Características físicas de una instalación de referencia

Las características físicas de una instalación fotovoltaica consideradas para el presente estudio se resumen en la siguiente tabla.

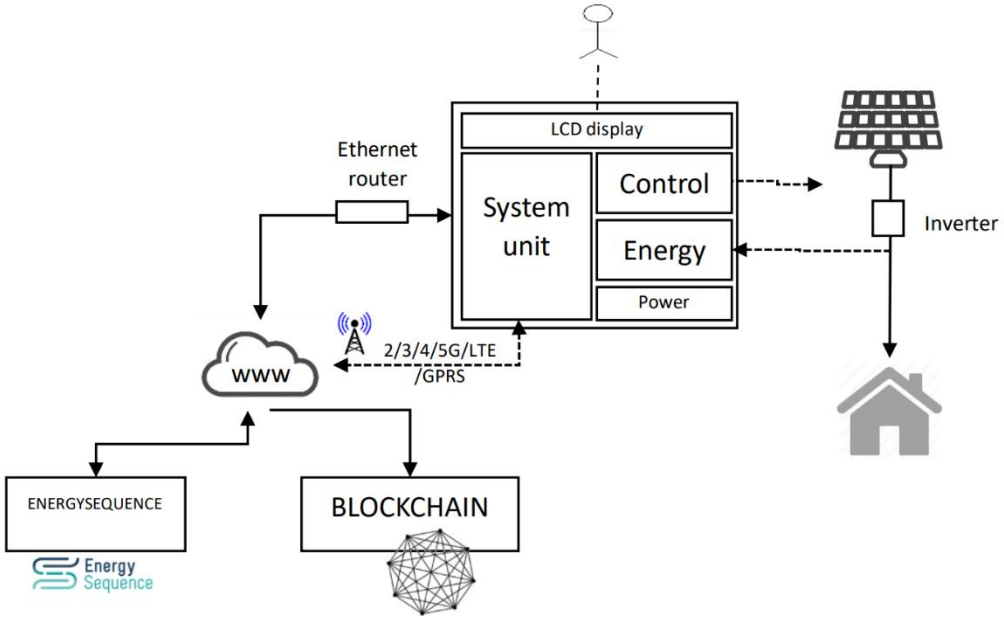
Característica	Valor
Tipo de instalación	Instalación aislada
Potencia máxima	400Kw
Voltaje entregado	400Vac
Comunicación	GPRS/WiFi
Ubicación del sistema	Interperie

Se trata de plantas ubicadas en las propias instalaciones de los usuarios de la energía. Estas instalaciones no están conectadas a la red, de modo que no se considera la inyección de la energía sobrante a la red de distribución y la tensión de trabajo es, generalmente, de 400Vac.

Aunque en algunas instalaciones se puede dar el caso que el sistema se encuentre instalado en el interior de un centro de transformación o en un armario especialmente proyectado para albergar toda la paramenta de control, de cara al diseño se considerará el peor escenario posible desde el punto de vista de la funcionalidad, considerando que su instalación será en armarios de conexiones expuestos a las condiciones ambientales de temperatura y humedad.

Esquema de comunicación

Para realizar la lectura de energía generada por la instalación fotovoltaica, se diseñó un sistema que queda representado por el diagrama que se muestra a continuación.



Los requisitos que implementa este sistema son:

1. Al menos dos interfaces Modbus para poder conectarse a un analizador de red comercial con este tipo de interfaz integrada, para recoger información sobre la energía generada por la instalación. Un analizador será usado para registrar la energía generada por la

planta fotovoltaica y otro para registrar la energía vertida a red. A partir de estas dos informaciones, se podrá obtener la energía consumida por el usuario.

2. Conexión GPRS con unas características técnicas, en cuanto a cobertura y ancho de banda, que permita la transferencia de información entre el sistema hardware y la plataforma EnergySequence con la cadencia prevista.
3. Capacidad para integrar la información generada por el medidor de energía en una base de datos distribuida basada en la tecnología Blockchain, usando la API que será suministrada al inicio del desarrollo.
4. Sistema embebido de bajo coste con capacidad para gestionar el funcionamiento completo de la aplicación.
5. De manera opcional, el sistema podrá contar con una serie de entradas y salidas digitales que permitan ampliar en un futuro la funcionalidad, confiriéndole capacidad para controlar dispositivos externos.
6. También de manera opcional, se diseñará el sistema de modo que se pueda acoplar una pantalla LCD de pequeño formato, que permita la consulta de los parámetros recogidos por el sistema in situ (Edge computing).
7. Este dispositivo se integra con Blockchain para el envío de datos de consumo agregados (total de electricidad diaria) a la Blockchain. Para ello requiere la configuración de:
8. Un identificador digital único embebido (Blockchain account/address), esto consiste en un par de claves pública-privada que representa al medidor que realiza y firma las transacciones a la red Blockchain.
9. La dirección del contrato o acuerdo que se firma entre las partes consumidor y fabricante de la planta.
10. La frecuencia de envío de los datos o transacciones para su registro en la Blockchain.

En el escenario tradicional las plataformas de gestión y procesamiento de datos energéticos son las que recolectan la información y la pueden eventualmente almacenar en una red de Blockchain para beneficiarse de sus características.

Con el modelo desarrollado se promueve la integración de medidores energéticos directamente con la Blockchain, en una economía de las máquinas. De esta forma el envío de datos a la Blockchain se realiza directamente desde el dispositivo de medición sin pasar por la plataforma de gestión de datos, de esta forma, acercando los registros a la fuente de información y eliminando intermediarios, siendo este uno de los principios básicos del uso de esta tecnología.

Integración con la plataforma EnergySequence

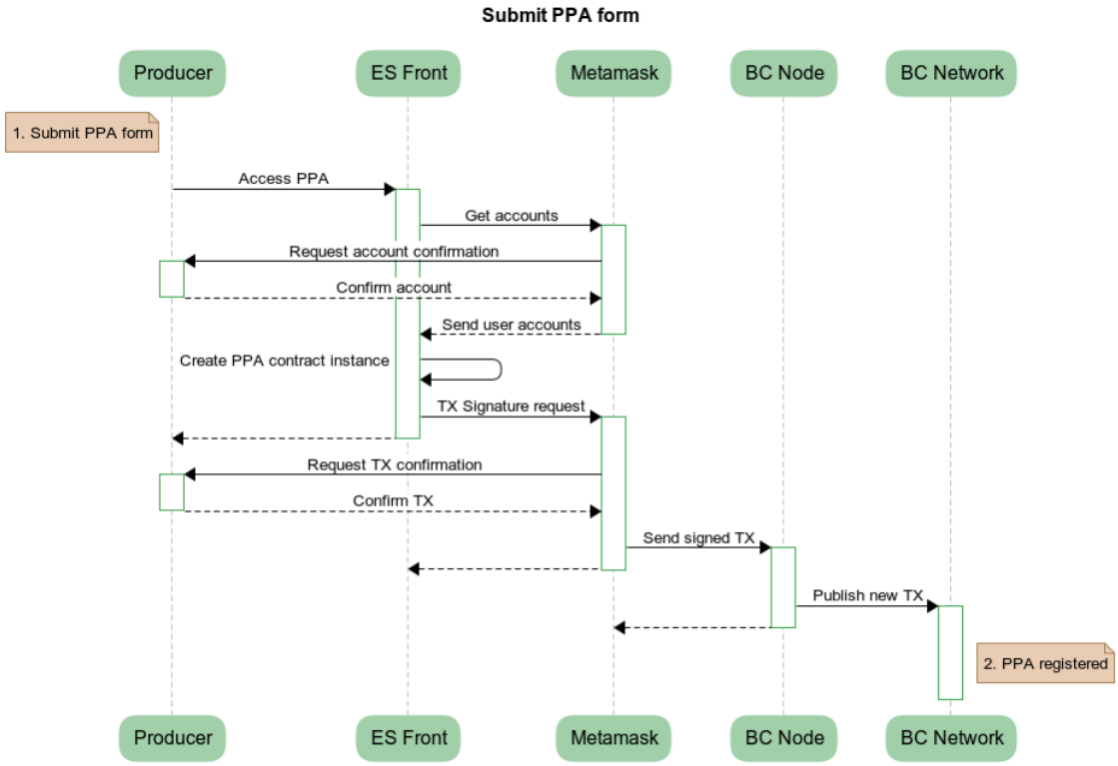
Finalmente, vamos a actualizar EnergySequence para integrarlo tanto con el Data Broker como con la Blockchain.

Integración con la Blockchain

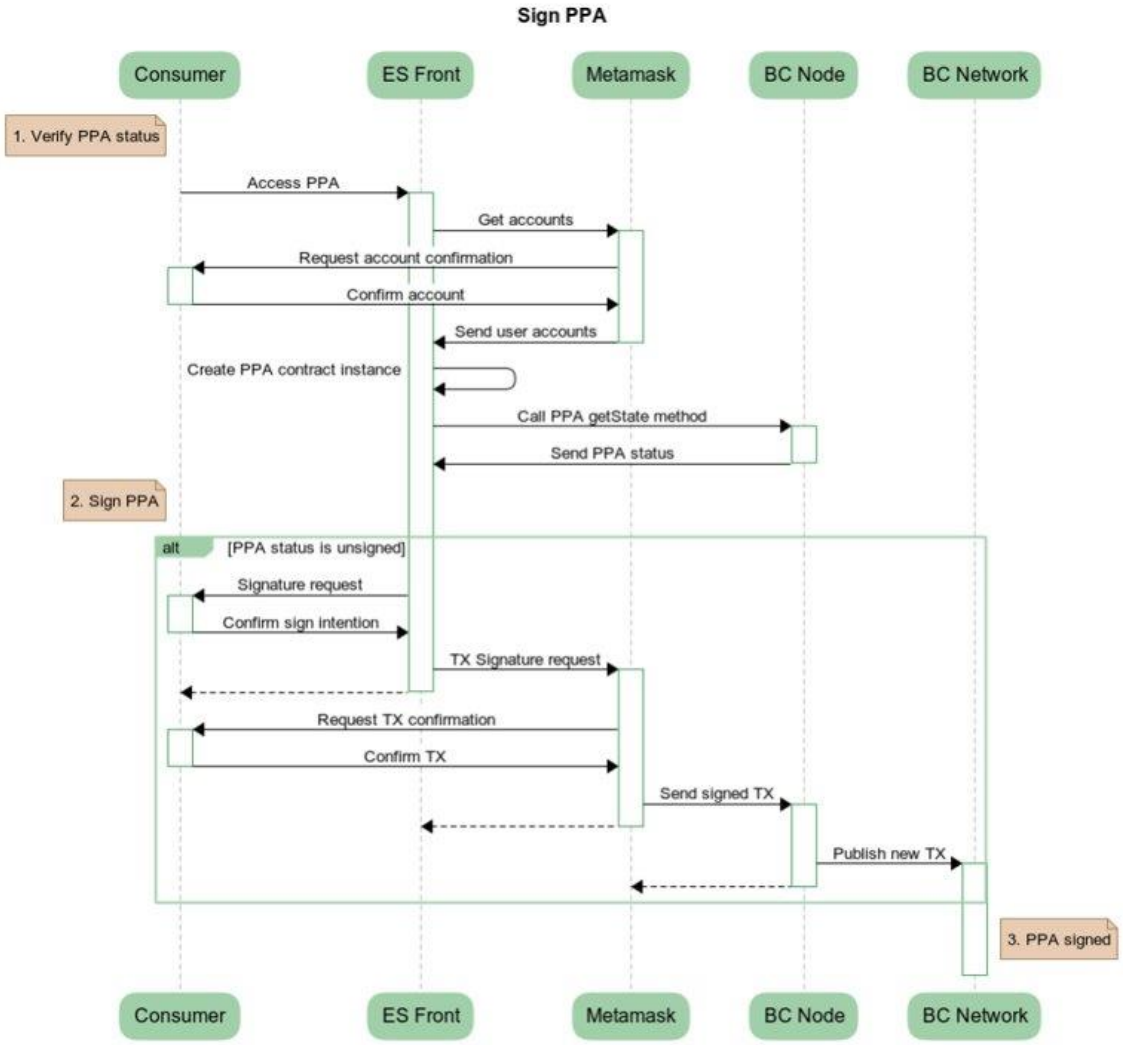
El front-end de EnergySequence será actualizado con un módulo desarrollado con tecnología Web3js. Este a su vez debe integrarse con un wallet o gestor de identidades del cliente para la firma de las transacciones, como puede ser Metamask.

De esta forma, la gestión de las identidades blockchain es totalmente independiente de la plataforma EnergySequence, solo controlada por el usuario final.

Consideremos el proceso principal de creación de un PPA. Primero, el productor crea el PPA y este se envía para su registro en la Blockchain, luego el consumidor debe firmarlo para que sea válido. Una vez que el usuario acepta la transacción, se envía al nodo BC conectado que inicia el proceso de minería para poner la transacción en un bloque, para que finalmente se registre el PPA. Véase siguiente diagrama de secuencia (*Submit PPA form*).



Cuando el consumidor ingresa a la plataforma y aún no se ha firmado el contrato, se muestra una solicitud de firma. Nuevamente, Metamask se usa aquí como un puente de comunicación entre ES Frontend y Blockchain para actualizar el estado del contrato. Véase diagrama siguiente (Sign PPA).



Integración con el Data bróker para monitorización en tiempo real

Por un lado, la interacción con la solución con el Data Broker se realiza a través de una API Rest implementada en EnergySequence, a la que el equipo envía las medidas en tiempo real.

El esquema de los datos a enviar a la plataforma se define a continuación:


```
{
   "_id":"ObjectId(""59e7342dccfc03539981e48c"")",
   "device_name":"IEC102 Meter LP LD",
   "measures":[
      {
         "name":"EAct imp",
         "description":"Energía Activa",
         "unity":"kWh",
         "pos":1,
         "visibility":"visible"
      },
```

```
{
   "name":"EAct exp",
   "description":"Energía Generada",
   "unity":"kWh",
   "pos":2,
   "visibility":"visible"
},
{
   "name":"ERInd imp",
   "description":"Energía Reactiva Inductiva",
   "unity":"kvarh",
   "pos":3,
   "visibility":"visible"
},
{
   "name":"ERInd exp",
   "description":"Energía Inductiva Generada",
   "unity":"kvarh",
   "pos":4,
   "visibility":"disabled"
},
{
   "name":"ERCap exp",
   "description":"Energía Capacitiva Generada",
   "unity":"kvarh",
   "pos":5,
   "visibility":"disabled"
},
{
   "name":"ERCap imp",
   "description":"Energía Reactiva Capacitiva",
   "unity":"kvarh",
   "pos":6,
   "visibility":"visible"
},
{
   "name":"EAct imp",
   "description":"Energía Activa Importada",
   "unity":"kWh",
   "pos":13,
   "visibility":"disabled"
},
{
   "name":"EAct exp",
   "description":"Energía Activa Exportada",
   "unity":"kWh",
   "pos":14,
   "visibility":"disabled"
},
{
   "name":"ERInd imp",
   "description":"Energía Inductiva Importada",
   "unity":"kvarh",
   "pos":15,
   "visibility":"disabled"
```

```
        },
        {
            "name":"ERInd exp",
            "description":"Energía Inductiva Exportada",
            "unity":"kvarh",
            "pos":17,
            "visibility":"disabled"
        },
    ]
}
```

2- CAPTURAS DE PANTALLA

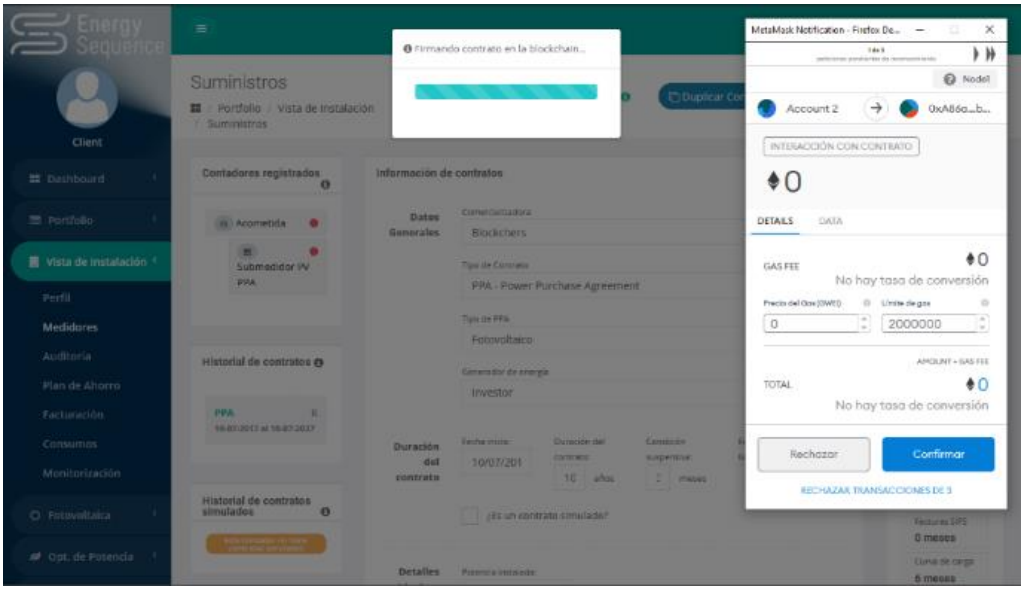


Figura 1- Proceso de firma de contrato y verificación a través de aplicación cliente Metamask

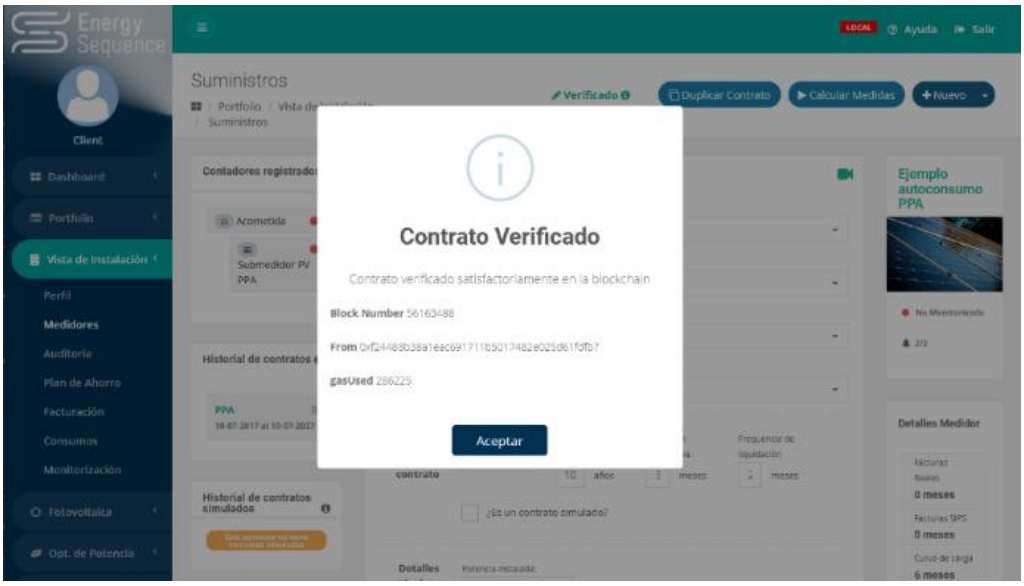


Figura 2- Verificación del contrato contra la Blockcchain

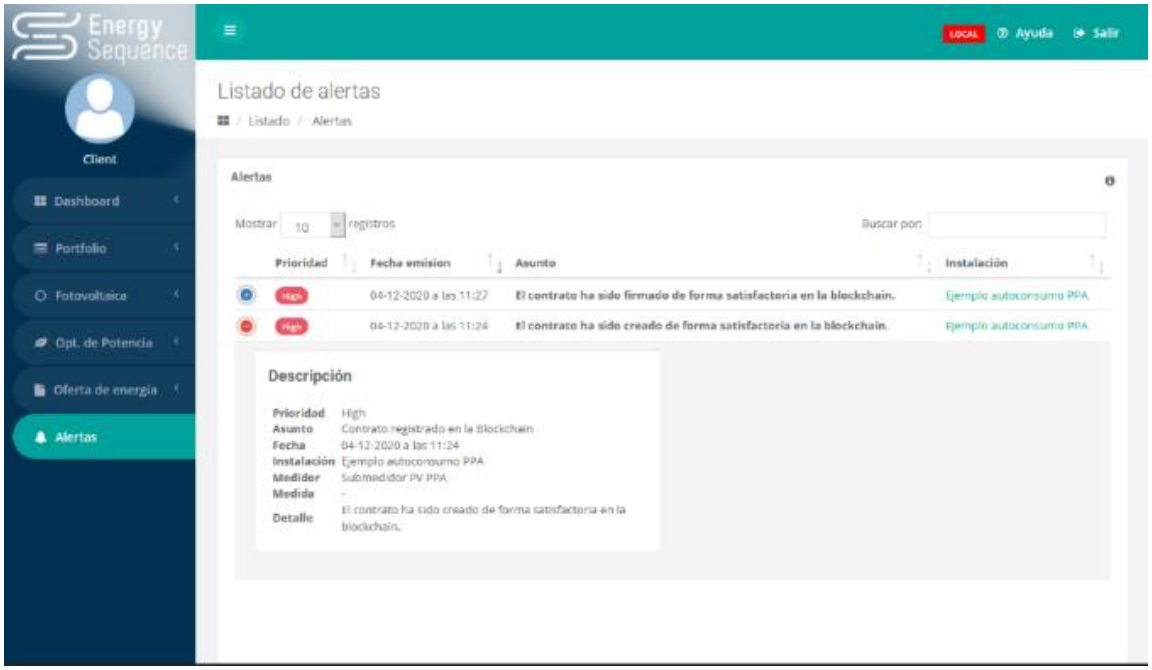


Figura 3- Listado de alertas con registro de eventos de acceso y verificación con la Blockchain

3- CONTADOR INTELIGENTE