

PROYECTO FINAL DE INGENIERÍA

RECONECTA: PLATAFORMA CON TRAZABILIDAD BASADA EN BLOCKCHAIN PARA DONACIÓN DE TECNOLOGÍA Y REDUCCIÓN DE LA BRECHA DIGITAL, EN ARGENTINA 2025

López, Tatiana - LU 1132152

Ingeniería en Informática

Tutor:

Dos Santos, Maximiliano, UADE

4 de noviembre de 2025

UADE

**UNIVERSIDAD ARGENTINA DE LA EMPRESA
FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS EXACTAS**

Agradecimientos

A mi mamá, María Paula Kovacs, por su amor incondicional, su paciencia y por estar siempre a mi lado. Su ejemplo, su confianza y su apoyo en los momentos más difíciles hicieron posible cada logro alcanzado en este camino.

A mi papá Mauricio, a mis hermanos Sofía y Juni, mis cuñados, mi abuela, tíos y primos por estar siempre presentes, brindándome ánimo, contención y recordándome con su apoyo y cariño la importancia de esforzarme y disfrutar cada etapa del camino. Por supuesto, a mis mascotas Homero, Milo y Blacky, por su compañía y por haber sido una fuente constante de alegría y afecto.

A mi novio, Nicolas Rueda, por estar conmigo en todo momento, especialmente en los más difíciles, siempre apoyándome, alentándome y ayudándome a avanzar con confianza y convicción.

A mis amigas y compañeras Sofía Lussoro y Camila Gaitán, por acompañarme en este proceso con motivación y apoyo mutuo. Compartir esta etapa final junto a ellas hizo más valioso y enriquecedor el camino hacia la meta.

Y finalmente, a mi tutor Maximiliano Dos Santos, por su orientación y disposición para guiar el trabajo con claridad y profesionalismo.

A todos ellos, mi más sincero agradecimiento por haber sido parte fundamental de este logro.

Resumen

En un contexto donde el acceso a la tecnología condiciona la posibilidad de estudiar, trabajar y participar activamente en la sociedad, amplios sectores continúan excluidos del ecosistema digital. Por otro lado, el acelerado ritmo de obsolescencia tecnológica genera una gran cantidad de dispositivos en desuso que, pese a conservar valor funcional, son descartados o almacenados sin aprovechamiento, contribuyendo al deterioro ambiental.

Frente a esta problemática, se desarrolla Reconnecta, una plataforma web basada en tecnología blockchain. Su propósito es facilitar la donación y trazabilidad de dispositivos electrónicos, conectando a donantes con instituciones educativas y sociales que los necesitan. El sistema utiliza una red blockchain privada que asegura la transparencia y la integridad de los registros. Cada dispositivo donado se representa como un activo digital único dentro de la red, cuyo historial se actualiza a través de transacciones validadas por los nodos participantes. Esta arquitectura garantiza la inmutabilidad de la información, desde su registro inicial hasta su entrega o reacondicionamiento. A su vez, cada dispositivo genera un código QR asociado que vincula su identidad física con su registro digital en blockchain, posibilitando la consulta pública de su historial.

El proyecto surge a partir de una investigación que permitió identificar las principales barreras en los procesos actuales de donación tecnológica en Argentina, específicamente la falta de canales confiables. A partir de estos hallazgos, Reconnecta propone un modelo que combina tecnología, inclusión y conciencia ambiental. En definitiva, la plataforma constituye una herramienta para reducir la brecha digital y fomentar un uso más equitativo y sustentable de los recursos tecnológicos.

Palabras clave: *blockchain, trazabilidad, medioambiente, brecha digital, economía circular, residuos electrónicos.*

Abstract

In a context where access to technology determines the possibility of studying, working, and actively participating in society, broad sectors remain excluded from the digital ecosystem. On the other hand, the accelerated pace of technological obsolescence generates many unused devices that, despite retaining functional value, are discarded or stored without utilization, contributing to environmental degradation.

In response to this issue, Reconecta was developed, a web platform based on blockchain technology. Its purpose is to facilitate the donation and traceability of electronic devices, connecting donors with educational and social institutions in need. The system uses a private blockchain network that ensures the transparency and integrity of records. Each donated device is represented as a unique digital asset within the network, whose history is updated through transactions validated by participating nodes. This architecture guarantees the immutability of information, from its initial registration to its delivery. In turn, each device generates an associated QR code that links its physical identity with its digital record on blockchain, allowing public access to its history.

The project originated from research that identified the main barriers in current technology donation processes in Argentina, specifically the lack of reliable channels. Based on these findings, Reconecta proposes a model that combines technology, inclusion, and environmental awareness. Ultimately, the platform serves as a tool to reduce the digital divide and promote a more equitable and sustainable use of technological resources.

Keywords: *blockchain, traceability, environment, digital divide, circular economy, electronic waste.*

Contenido

1. Introducción..... 8

 1.1 Objetivos y alcance..... 8

 1.2 Estructura del documento 9

2. Antecedentes 10

 2.1 Marco Teórico 10

 2.1.1 Blockchain..... 10

 2.1.2 Criptografía asimétrica 13

 2.1.3 Linked Timestamping..... 13

 2.1.4 Trazabilidad digital para donaciones..... 14

 2.1.5 Brecha digital 16

 2.1.5.1 Brecha digital en Argentina 17

 2.1.6 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) 19

 2.1.7 Responsabilidad Extendida del Productor (REP)..... 20

 2.2 Estado del Arte 21

 2.2.1 Iniciativas institucionales y gubernamentales 21

 2.2.2 Instituciones de la sociedad civil..... 22

 2.2.3 Aplicaciones y plataformas digitales..... 23

 2.2.3.1 Circular Place..... 23

 2.2.3.2 Digtunity 24

 2.2.3.3 Labdoo 24

 2.2.3.4 Comparación de aplicaciones..... 25

 2.2.4 Océano Azul..... 26

 2.2.4.1 Matriz ERIC..... 27

 2.2.4.2 Curva de valor..... 29

 2.2.5 Conclusiones 30

3. Descripción 30

 3.1 User Research 31

 3.1.1 Encuesta..... 31

 3.1.2 Entrevista..... 36

 3.1.3 Conclusiones 37

 3.2 Solución 38

 3.2.1 Tipos de usuarios..... 38

3.2.2	Requerimientos funcionales	39
3.2.3	Casos de uso	40
3.2.3.1	Diagrama de actividades	42
3.2.4	Atributos de calidad.....	44
3.2.4.1	Usabilidad	44
3.2.4.2	Mantenibilidad	45
3.2.4.3	Seguridad	46
3.2.5	Arquitectura de la solución.....	47
3.2.5.1	Modelo C4.....	48
3.2.6	Módulo de trazabilidad en Blockchain.....	54
3.2.6.1	Arquitectura de la red.....	56
3.2.6.2	Assets	60
3.2.6.3	Chaincode.....	61
3.2.6.4	Aplicación cliente	63
3.2.6.5	Hyperledger Explorer.....	64
3.2.7	Módulo de gestión de donaciones	67
3.2.7.1	Diagrama de Entidad-Relación	68
3.2.7.2	Diagramas de secuencia	69
3.2.7.3	Estructura de la API	74
3.2.8	Interfaz de usuario	75
3.2.9	Despliegue de la aplicación.....	80
3.2.9.1	Dominio y configuración	83
3.3	Estrategia de Negocio	83
3.3.1	Marca.....	84
3.3.1.1	Nombre.....	85
3.3.1.2	Isologo.....	85
3.3.1.3	Isotipo.....	86
3.3.1.4	Paleta de colores.....	87
3.3.1.5	Protección marcaria y análisis legal.....	90
3.3.2	Modelo de negocio	91
3.3.2.1	Misión	91
3.3.2.2	Visión	92
3.3.2.3	Valores	92
3.3.2.4	Creación de la Persona Jurídica	92

3.3.2.5 Estrategia de sostenibilidad económica	93
3.3.3 Business Model Canvas.....	96
3.3.3.1 Propuesta de valor.....	97
3.3.3.2 Segmentos de clientes	98
3.3.3.3 Relación con clientes	98
3.3.3.4 Canales.....	99
3.3.3.5 Actividades clave	99
3.3.3.6 Recursos clave.....	100
3.3.3.7 Socios clave.....	100
3.3.3.8 Flujos de ingresos.....	101
3.3.3.9 Estructura de costos	103
3.3.4 Análisis financiero.....	106
3.3.4.1 VAN.....	109
3.3.4.2 TIR	109
3.3.4.3 Payback.....	110
3.3.4.4 Viabilidad financiera del proyecto.....	111
4. Metodología de Desarrollo.....	112
4.1 Kanban.....	113
4.2 Herramientas utilizadas	113
5. Pruebas Realizadas.....	115
5.1 Pruebas funcionales	115
5.2 Pruebas de rendimiento.....	118
5.3 Pruebas de usuario y usabilidad.....	119
6. Discusión.....	120
7. Conclusiones.....	121
Bibliografía.....	123
Anexo A. Encuesta.....	129
Anexo B. Transcripción entrevista	132
Anexo C. Informe de marca	134
Anexo D. Análisis financiero	136

1. Introducción

La brecha digital, entendida como “la desigualdad de acceso, uso y apropiación de las tecnologías de la información y la comunicación entre diferentes grupos sociales” (Van Dijk 2005), es uno de los desafíos más importantes en la construcción de sociedades más justas e inclusivas. Esta problemática no solo refleja desigualdades económicas, educativas y territoriales preexistentes, sino que también tiende a profundizarlas, ya que quienes no acceden a las tecnologías quedan marginados de oportunidades clave en los ámbitos educativos, laborales, sociales y cívicos (Warschauer 2004).

En paralelo, la generación de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) ha aumentado en los últimos años. La aceleración del recambio tecnológico, impulsada por la obsolescencia programada y los hábitos de consumo, ha convertido a los dispositivos electrónicos descartados en uno de los flujos de residuos de mayor crecimiento a nivel mundial (Baldé et al. 2024). En muchos casos, estos equipos dejan de ser utilizados porque son reemplazados por modelos más nuevos, quedando almacenados o desechados.

Este desbalance entre la gran cantidad de dispositivos en desuso que aún poseen valor funcional y la falta de acceso a tecnología refleja una contradicción estructural. Mientras algunos sectores sociales enfrentan dificultades para acceder a herramientas digitales básicas, parte de los dispositivos descartados podrían ser reutilizados o reacondicionados, contribuyendo así tanto a la inclusión digital como a la reducción de residuos.

1.1 Objetivos y alcance

Con el fin de contribuir a la reducción de la brecha digital y promover el aprovechamiento responsable de dispositivos electrónicos en desuso, se define el siguiente objetivo general del proyecto:

- Desarrollar una plataforma digital que permita gestionar la donación y reciclaje de dispositivos electrónicos para su redistribución a personas, instituciones y comunidades que los necesiten, mediante un sistema transparente de trazabilidad basada en blockchain en Argentina en el año 2025.

Para cumplir con esta meta, se plantean los siguientes objetivos específicos:

- Desarrollar una plataforma web que permita a usuarios registrar y publicar dispositivos electrónicos para su donación.
- Implementar una interfaz de registro para destinatarios, que permita verificar su identidad, caracterizar su perfil y registrar sus necesidades tecnológicas.
- Integrar un sistema de trazabilidad basado en tecnología blockchain para registrar el historial y los cambios de estado de cada dispositivo durante su ciclo de vida.
- Generar un código QR para cada dispositivo, para que los usuarios puedan consultar su historial y estado a través de una página web.
- Implementar un sistema de recompensas digitales simbólicas que incentive a los usuarios a participar en la donación y reacondicionamiento de dispositivos.

El sistema no incluye en esta etapa funcionalidades como la verificación automática del estado técnico de los dispositivos, integración logística con empresas de transporte, ni un sistema completo de recompensas con canje por beneficios reales. Tampoco se contempla en el Release 1 la integración con programas educativos o instituciones gubernamentales.

En releases posteriores, se prevé incorporar nuevos módulos como:

- Integración con servicios logísticos para optimizar el retiro y entrega de dispositivos.
- Paneles de estadísticas y visualización de impacto social y ambiental.
- Expansión del sistema de recompensas con beneficios reales o certificados digitales.

1.2 Estructura del documento

El presente trabajo se encuentra estructurado en distintas secciones. En primer lugar, en *Antecedentes*, se analizan los trabajos existentes en relación con la brecha digital, la gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE) y el potencial de tecnologías como blockchain para resolver problemáticas sociales. Esta sección se organiza en dos partes: el *Marco Teórico*, donde se presentan los conceptos clave necesarios para contextualizar el problema, y el *Estado del Arte*, que releva experiencias previas, tanto en el ámbito nacional como internacional, orientadas a la donación o reutilización de tecnología.

A continuación, en la sección *Descripción*, se expone la etapa de *User Research*, donde se documentan los resultados obtenidos a partir de una encuesta dirigida a la comunidad general y una entrevista con una institución educativa potencialmente beneficiaria. Asimismo, esta sección incluye el diseño de la solución propuesta y el proceso de desarrollo de la plataforma. Posteriormente, en la sección *Metodología de Desarrollo*, se describen los principios, herramientas y tecnologías aplicadas durante la construcción del sistema. Luego, en la sección *Estrategia de Negocio* se abordan los aspectos vinculados al modelo económico y sostenibilidad del proyecto. En la sección *Pruebas Realizadas*, se presentan las validaciones efectuadas sobre el sistema, incluyendo las pruebas funcionales, de rendimiento y de usabilidad. La sección *Discusión* retoma dichos resultados para analizar las dificultades encontradas y las oportunidades de mejora identificadas durante el proceso. Finalmente, en *Conclusiones*, se exponen las reflexiones finales del proyecto.

2. Antecedentes

Esta sección tiene el propósito de fundamentar la investigación en torno a la brecha digital, la trazabilidad mediante tecnología blockchain y las conductas sociales asociadas al almacenamiento y descarte de tecnología.

2.1 Marco Teórico

Este apartado tiene como finalidad establecer las bases conceptuales necesarias para comprender el desarrollo del proyecto.

2.1.1 Blockchain

Blockchain es una tecnología de registro distribuido (Distributed Ledger Technology, DLT) que permite almacenar información de manera segura, descentralizada y resistente a manipulaciones. Su diseño se basa en una estructura de datos compuesta por una secuencia de bloques enlazados criptográficamente entre sí. Cada bloque contiene un conjunto de transacciones o registros validados, una marca de tiempo (timestamp), un valor nonce (en mecanismos de consenso basados en Proof of Work), y el hash del bloque anterior. Esto asegura la integridad y el orden cronológico de la cadena (Narayanan et al. 2016).

El hash es una función criptográfica unidireccional que transforma los datos del bloque en una cadena alfanumérica de longitud fija. Cualquier alteración en el contenido de un bloque modifica su hash, lo que provoca una discrepancia con el hash almacenado en el bloque siguiente. Esta ruptura en la cadena permite detectar intentos de manipulación, haciendo que la estructura sea resistente a modificaciones no autorizadas. Una vez que un bloque es validado e incorporado a la cadena, no puede ser modificado sin rehacer todos los bloques posteriores, lo cual, en redes suficientemente grandes y descentralizadas, es computacionalmente inviable.

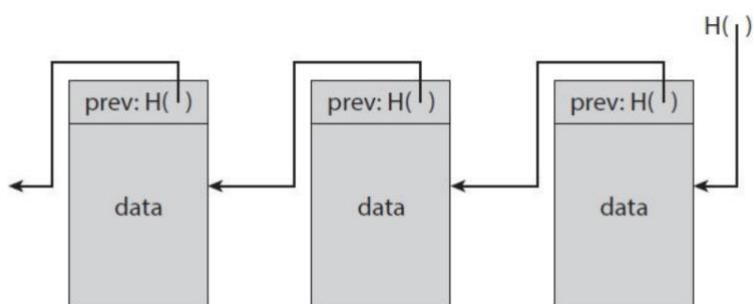


Figura 1. Encadenamiento de bloques mediante funciones hash en una estructura blockchain (Narayanan et al., 2016)

En una red blockchain, los participantes —denominados nodos— mantienen una copia completa o parcial del historial de transacciones distribuido. En lugar de tener una autoridad central con el control de las transacciones, todos los nodos tienen los datos y se validan las transacciones por consenso. De esta forma, la red opera de manera descentralizada, sin un servidor central que administre los datos. Los algoritmos de consenso más comunes para agregar nuevos bloques a la cadena son los siguientes:

- **Proof of Work (PoW):** En este mecanismo, los nodos compiten por resolver un problema criptográfico. Este problema computacional complejo (función de prueba de trabajo), consume grandes cantidades de energía, pero ofrece una alta seguridad frente a ataques. El primero en resolverlo valida el bloque y lo propaga a la red. Este problema no tiene atajos ni soluciones deterministas; la única forma de resolverlo es por fuerza bruta, probando diferentes valores de nonce hasta encontrar uno que cumpla la condición (Narayanan et al. 2016). Este proceso, denominado minería, es criticado por su impacto ambiental. La criptomoneda

Bitcoin, que utiliza PoW, podría por sí sola generar suficientes emisiones de CO₂ como para elevar el calentamiento global por encima de los 2 °C en menos de tres décadas (Mora et al. 2018).

- Proof of Stake (PoS): Este mecanismo alternativo busca validar bloques en una red blockchain de manera más eficiente y con menor consumo energético. En lugar de requerir que los nodos realicen cálculos complejos, en PoS se eligen a los validadores según la cantidad de recursos digitales que han comprometido voluntariamente dentro del sistema. Es decir, los validadores “apuestan” sus recursos para ser elegidos. El algoritmo elige un validador de forma aleatoria, siendo aquellos con mayores participaciones los que tienen una mayor probabilidad de ser seleccionados. Si un nodo intenta validar transacciones fraudulentas o actuar maliciosamente, puede perder una parte o la totalidad de los recursos apostados. De esta forma, se utiliza la inversión económica de los participantes o su *stake* como una forma de garantizar la honestidad y alcanzar el consenso. La ventaja de este método es que no se tienen miles de computadoras compitiendo simultáneamente, siendo menos costoso energéticamente.

Una de las aplicaciones de blockchain es la trazabilidad, siendo esta la capacidad de registrar, seguir y verificar el historial, la ubicación y los cambios de estado de un producto a lo largo de su ciclo de vida. En sistemas tradicionales, esta información se almacena en bases de datos centralizadas, lo que puede generar problemas de confianza, manipulación de registros y falta de transparencia entre actores independientes (Francisco y Swanson 2018).

En este contexto, la tecnología blockchain ha emergido como una solución para la trazabilidad, al permitir el registro inmutable, distribuido y verificable de cada evento asociado a un activo o transacción. Cada bloque de la cadena puede contener información relacionada con un cambio de estado del objeto rastreado, junto con su correspondiente marca de tiempo y firma digital. Esto permite construir un historial completo y transparente de dicho activo, accesible por todas las partes involucradas, sin posibilidad de alteración retroactiva (Saber et al. 2019).

2.1.2 Criptografía asimétrica

La criptografía asimétrica, también conocida como criptografía de clave pública, es un sistema criptográfico que utiliza un par de claves matemáticamente vinculadas. Una clave pública, que puede ser conocida por cualquier miembro de la red, y una clave privada, que debe mantenerse en secreto por su propietario. Este mecanismo permite garantizar la confidencialidad, autenticación, integridad y no repudio en los sistemas digitales (Stallings 1994).

En el contexto de blockchain, la criptografía asimétrica cumple el rol de proporcionar un método seguro para identificar a los participantes y validar transacciones sin necesidad de intermediarios. Cada usuario posee una clave pública, que funciona como su identidad digital en la red, y una clave privada, con la cual firma digitalmente las transacciones que desea emitir. Esta firma digital, generada con la clave privada, puede ser verificada por cualquier nodo mediante la clave pública correspondiente, lo que asegura que la transacción fue efectivamente realizada por el usuario emisor y que no ha sido alterada en el camino (Narayanan et al. 2016).

Este mecanismo permite a los sistemas blockchain operar de forma descentralizada y confiable, ya que todas las transacciones almacenadas en los bloques pueden ser verificadas criptográficamente sin requerir de una autoridad central. La utilización de firmas digitales basadas en criptografía asimétrica garantiza la integridad de los registros y protege la red frente a manipulaciones o suplantaciones de identidad.

2.1.3 Linked Timestamping

El *linked timestamping* es un mecanismo criptográfico diseñado para garantizar la integridad y la secuencialidad de documentos digitales a lo largo del tiempo. Esta técnica fue introducida por Haber y Stornetta (1991) como parte de un sistema para certificar la existencia de un documento en un momento determinado, sin necesidad de una autoridad central confiable.

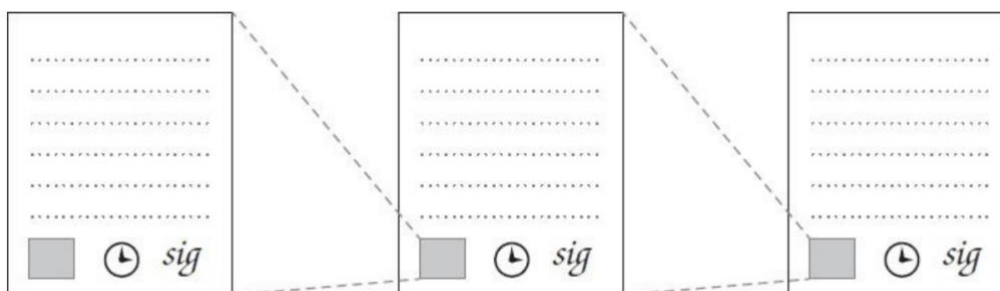


Figura 2. Encadenamiento de documentos mediante *linked timestamping* (Narayanan et al., 2016)

El procedimiento consiste en generar para cada documento un certificado que incluye: (i) una marca de tiempo que indica la fecha y hora exacta de su creación, (ii) un puntero hash al certificado del documento anterior y (iii) una firma digital que autentica ambos elementos. El uso de funciones hash criptográficas permite detectar cualquier modificación en el contenido, ya que cualquier cambio altera el valor hash y rompe la cadena. Al vincular cada nuevo certificado con el anterior de esta manera, se crea una estructura encadenada resistente a manipulaciones retroactiva (Haber y Stornetta 1991).

Este principio de encadenamiento criptográfico con marcas de tiempo es considerado un antecedente directo de la tecnología blockchain. En efecto, la blockchain puede entenderse como una generalización de esta técnica, donde los bloques no solo contienen registros de tiempo y enlaces hash, sino también transacciones, mecanismos de consenso y validación descentralizada (Narayanan et al. 2016).

2.1.4 Trazabilidad digital para donaciones

La trazabilidad digital es la capacidad de registrar, seguir y verificar las etapas del ciclo de vida de un producto o activo, desde su origen hasta su destino final, mediante herramientas tecnológicas (Bechini et al. 2008). Este concepto es utilizado en diversas industrias, permitiendo a las organizaciones y consumidores verificar la autenticidad y procedencia de los productos.

En el contexto de las cadenas de suministro, se utiliza la trazabilidad digital para registrar las etapas del proceso productivo, desde la adquisición de la materia prima hasta la

entrega del producto final al consumidor. Esta trazabilidad es fundamental tanto para optimizar la cadena de suministro, como para cumplir con regulaciones y estándares de calidad y sustentabilidad. La implementación de tecnologías como blockchain permitió avances en el campo de trazabilidad, ya que ofrece un registro inmutable y descentralizado, tanto para las organizaciones como para los consumidores finales (Azevedo et al. 2023).

Para el caso específico de donaciones, contar con un sistema de trazabilidad en la cadena de suministro resulta fundamental para garantizar la transparencia y la correcta entrega a los destinatarios finales. Las investigaciones sobre el tema se centran en la eficiencia y transparencia de las Operaciones de Ayuda Humanitaria, siendo estas las operaciones que abordan eventos de crisis y situaciones de sufrimiento humano. Estas requieren de la coordinación de suministros, información y recursos financieros, los cuales se trasladan entre donantes, beneficiarios, proveedores y organizaciones humanitarias.

Para asegurar la efectividad de estas operaciones, existe una demanda para cadenas de suministro eficientes y resilientes con una comunicación transparente entre los stakeholders. Esto se debe a que múltiples organizaciones y agencias contribuyen a estas operaciones humanitarias, por lo cual es crítico que la información sea descentralizada para permitir un amplio acceso, colaboración y ayuda eficiente. Además, la transparencia y registro en este tipo de operaciones son aspectos esenciales para contribuir a la confianza en organizaciones dedicadas a las donaciones. Cuando los donantes proveen bienes o dinero, a menudo están interesados en saber cómo, cuándo y por quiénes sus donaciones están siendo utilizadas. Esto requiere transparencia en el proceso de asignación de recursos, y responsabilidad de registro de las agencias que distribuyen estos bienes (Hunt et al. 2022).

Una de las implementaciones más significativas de tecnología blockchain en el ámbito humanitario es el proyecto de Building Blocks. Esta iniciativa fue desarrollada por el Programa Mundial de Alimentos (WFP) con el objetivo de mejorar la eficiencia, transparencia y seguridad en la distribución de asistencia en contextos de crisis y desplazamientos forzados. Utilizando su sistema basado en blockchain, Building Blocks permite a las organizaciones humanitarias coordinar la entrega de ayuda, evitando duplicaciones y optimizando recursos. Desde un punto de vista técnico, Building Blocks está compuesta por un conjunto de nodos distribuidos, operados de forma independiente por cada organización participante. Estos nodos conforman

un espacio digital neutral que permite a las entidades colaborar, realizar transacciones y compartir información de forma segura y en tiempo real. De esta forma, se tiene una plataforma que permite coordinar, rastrear y entregar múltiples formas de asistencia, como transferencias de efectivo, alimentos, insumos médicos, entre otros. En el año 2024, Building Blocks fue la plataforma de coordinación utilizada por 65 organizaciones de Ucrania, donde ayudó a reducir esfuerzos duplicados en la asistencia humanitaria («Building Blocks | WFP Innovation» 2024).

2.1.5 Brecha digital

La brecha digital hace referencia a las desigualdades que surgen en torno al acceso, uso y aprovechamiento de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) entre distintos sectores sociales. Este concepto ha evolucionado desde una visión centrada únicamente en la tenencia de dispositivos o la conexión a internet, hacia un enfoque más complejo que reconoce múltiples niveles de exclusión tecnológica.

Uno de los marcos más reconocidos para su análisis distingue entre diferentes dimensiones: el acceso físico a los recursos tecnológicos, las habilidades necesarias para utilizarlos, los usos efectivos que se les da y, finalmente, los beneficios concretos que pueden obtenerse de ese uso. Desde esta perspectiva, no solo importa quién accede a la tecnología, sino también cómo, para qué y con qué resultados la incorpora a su vida cotidiana (Van Dijk 2005)

Así entendida, la brecha digital no es un fenómeno exclusivamente técnico, sino principalmente social, vinculado a otras formas de desigualdad estructural como el nivel educativo, la ubicación geográfica, el capital cultural y el poder adquisitivo. A su vez, se trata de una brecha dinámica: quienes logran adoptar nuevas tecnologías tienden a mejorar sus oportunidades, mientras que quienes no lo hacen ven incrementada su desventaja relativa, generando un fenómeno conocido como “efecto de acumulación” o “amplificación de desigualdades preexistentes” (Selwyn 2004).

En contextos donde las TIC median el acceso a la educación, el trabajo, la salud y la participación ciudadana, estas desigualdades tecnológicas pueden profundizar la exclusión social. Por ello, el análisis de la brecha digital debe contemplar no solo la disponibilidad de infraestructura, sino también las capacidades individuales, las condiciones de uso y la apropiación significativa de la tecnología.

2.1.5.1 Brecha digital en Argentina

En Argentina, la brecha digital se manifiesta no solo en términos de acceso a dispositivos y conectividad, sino también en las habilidades y usos efectivos de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC). Si bien el 93,7% de los hogares urbanos accede a internet, solo el 60,3% cuenta con al menos una computadora en condiciones de uso, lo que marca una diferencia estructural en términos de equipamiento tecnológico (INDEC 2025).

En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, el 85,4% de los hogares tiene acceso a una computadora, mientras que en regiones como el Noreste (NEA) ese valor cae al 51,3%. A nivel de aglomerados específicos, el contraste es aún mayor: mientras que en Río Grande (Tierra del Fuego) el acceso alcanza el 72,2%, en el Gran Resistencia (Chaco) apenas llega al 37,9% (INDEC 2025). Estas brechas geográficas reflejan desigualdades en infraestructura y condiciones socioeconómicas.

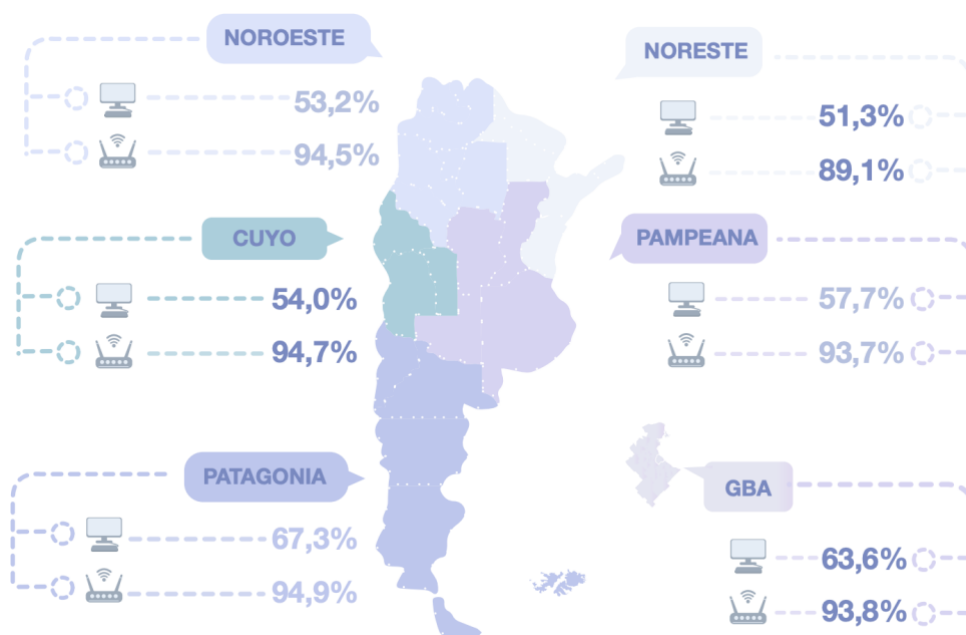


Figura 3. Hogares con acceso a computadora e internet, según región. Cuarto trimestre de 2024. (INDEC, 2025)

La situación también varía según características individuales. Solo el 37,1% de la población utiliza computadora de forma regular, con diferencias notables entre regiones, niveles

educativos y grupos etarios. Por ejemplo, mientras que el uso de computadoras entre personas con educación universitaria completa supera el 66%, en quienes solo alcanzaron la primaria completa desciende a apenas el 6,8% (INDEC 2025). Esta correlación entre nivel educativo y uso de tecnología evidencia que la brecha digital no se limita al acceso físico, sino que también está atravesada por factores sociales y formativos.

Durante la pandemia de COVID-19, la brecha digital en Argentina se evidenció en el ámbito educativo. El confinamiento obligatorio decretado en 2020 obligó al cierre de todas las escuelas, trasladando la educación al entorno doméstico. Esta transición acentuó desigualdades preexistentes entre sectores públicos y privados, debido a la disponibilidad desigual de recursos tecnológicos. Mientras que estudiantes de escuelas privadas pudieron sostener la continuidad pedagógica gracias a plataformas virtuales y dispositivos propios, en muchas instituciones públicas la enseñanza se vio limitada al uso de WhatsApp o a la entrega impresa de tareas, lo que restringió el acceso al aprendizaje de calidad (Schwal 2022).

En este contexto, se consolidó una “escolarización diferenciada” que respondió a factores como el tipo de institución, la región de residencia y el nivel socioeconómico de las familias. Las TIC, anteriormente vistas como herramientas complementarias, pasaron a ser condiciones necesarias para sostener el derecho a la educación. Sin embargo, en amplios sectores del país, especialmente en regiones como el NEA y NOA, los hogares no contaban con computadoras ni conectividad fija estable, profundizando así la desigualdad estructural territorial (Murillo 2021).

Este panorama reveló que la brecha digital no solo constituye una limitación técnica, sino una expresión de la vulnerabilidad social. Acceder a las TIC en contextos de crisis pasó a ser una condición necesaria para sostener el ejercicio de derechos fundamentales como la educación, la salud o la participación ciudadana. Frente a esta realidad, diversos organismos como la CIDH (Comisión Interamericana de Derechos Humanos) instan a los Estados a adoptar medidas afirmativas para garantizar el acceso universal a las tecnologías digitales como parte del derecho a la igualdad y a la inclusión.

2.1.6 Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)

La aceleración del recambio tecnológico ha generado una creciente acumulación de dispositivos electrónicos en hogares, instituciones y empresas. Muchos de estos equipos — como computadoras, notebooks, tablets y teléfonos— son desplazados por modelos más nuevos antes de agotar su vida útil. En este contexto, parte de estos dispositivos podrían ser reutilizados o reacondicionados, pero terminan almacenados o descartados junto con residuos convencionales, sin un tratamiento adecuado.

Esta situación se enmarca en la problemática más amplia de los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE), que constituye uno de los flujos de desechos de mayor crecimiento a nivel global. De acuerdo con el Global E-waste Monitor 2024, en Argentina se generan más de 500 millones de kilogramos de RAEE al año, siendo el segundo productor de residuos electrónicos después de Brasil. De estos, se estima que solo el 2,9% es recolectado y reciclado formalmente (Baldé et al. 2024). Esto implica no solo un impacto ambiental significativo, debido a la presencia de materiales peligrosos, sino también una oportunidad desaprovechada para la recuperación y redistribución de tecnología funcional.

El problema se ve agravado por la falta de una infraestructura articulada para la gestión integral de estos residuos, así como por la escasa conciencia pública y las limitadas alternativas accesibles para el descarte responsable. Según el Manual de gestión de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos del Ministerio de Ambiente (2020), entre el 50% y 60% de los RAEE se almacenan en hogares y pequeñas empresas e instituciones debido a que se desconoce qué hacer con ellos. Esta acumulación invisible representa una forma de “residuo potencial” no reconocido oficialmente, pero con implicancias tanto ambientales como sociales. Se estima que, luego de pasar un tiempo almacenados, muchos de estos RAEE acaban de una forma u otra en basurales o rellenos sanitarios (Ministerio de Ambiente y OIT 2020).

De igual manera, diversos estudios argumentan que si bien una infraestructura eficiente es indispensable para el éxito de campañas de reciclaje, los consumidores son el factor más influyente (Casey et al. 2019). Por esta razón, muchos investigadores se centran en el comportamiento de los consumidores frente a los RAEE y las razones por las cuales se terminan acumulando. Las respuestas más comunes suelen ser: tenerlos de repuesto, conservarlos por el valor que poseen o bien porque no saben dónde o cómo reciclarlos (Wilson et al. 2017).

2.1.7 Responsabilidad Extendida del Productor (REP)

En el modelo lineal de consumo dominante se extraen las materias primas de la naturaleza para incorporarlas en los procesos productivos y transformarlas en productos de consumo, para luego descartarlas cuando ya no satisfacen las necesidades del consumidor. En cambio, la economía circular es un enfoque que propone nuevas formas de producir y consumir. El enfoque circular aplicado a los RAEE propone maximizar la vida útil de los equipos eléctricos y electrónicos a través de diversas estrategias de reutilización, donación o comercialización de equipos de segunda mano (Ministerio de Ambiente y OIT 2020).

La Responsabilidad Extendida del Productor (REP) es uno de los principios orientados a la evolución de los sistemas de gestión de residuos hacia la economía circular a nivel mundial. Según este principio, tanto fabricantes como importadores de aparatos eléctricos y electrónicos se deben responsabilizar legal y financieramente de sus productos durante todo su ciclo de vida, tanto del diseño del producto como la gestión de sus residuos. Este principio político está orientado a promover mejoras ambientales para ciclos de vidas completos de los productos. De esta forma, busca extender las responsabilidades de los fabricantes a varias fases del ciclo total de su vida útil, y especialmente a su recuperación, reciclaje y disposición final (de Titto y Savino 2022).

En diferentes países de Latinoamérica, como México, Costa Rica, Brasil, Colombia, Perú, Chile y Ecuador se han sancionado legislaciones basadas en este principio. Para aplicar una gestión basada en REP existen diferentes modalidades: los productores pueden proveer los recursos financieros requeridos para la gestión de RAEE o asumir los aspectos operacionales y organizacionales del proceso. Lo pueden hacer en forma individual o colectiva, a través de organizaciones o consorcios. Asimismo, este principio no requiere necesariamente de una imposición legal para su adopción, ya que puede ser implementado de manera voluntaria mediante distintos mecanismos, acuerdos o instrumentos de gestión ambiental (Ministerio de Ambiente y OIT 2020).

Algunos fabricantes y distribuidores han comenzado a incorporar instrumentos de responsabilidad extendida del productor de manera voluntaria, como es el caso del Plan Canje de Samsung Argentina, que permite entregar dispositivos en desuso como parte de pago para adquirir productos nuevos. Si bien estas estrategias contribuyen a reducir la acumulación de

residuos electrónicos y a fomentar el reciclaje, su foco está en el consumo renovado, y no necesariamente en la redistribución social o en la promoción de la inclusión digital.

2.2 Estado del Arte

A continuación, se presenta un análisis del estado del arte respecto a las estrategias actuales, tanto institucionales, comunitarias, como tecnológicas que buscan facilitar la donación o el reciclaje de tecnología y reducir la brecha digital.

2.2.1 Iniciativas institucionales y gubernamentales

En Argentina, la gestión de RAEE y su posible reutilización o reciclaje ha sido abordada desde distintos niveles del Estado, principalmente en grandes centros urbanos. En la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, se ha implementado desde hace más de una década programas para la recolección diferenciada de este tipo de residuos, incluyendo la apertura de Puntos Verdes fijos y móviles. A través de estos dispositivos logísticos, la población puede entregar sus equipos electrónicos fuera de uso, que luego son destinados a procesos de reciclaje o, en ciertos casos, reacondicionamiento para su posterior donación. Estos puntos no están exclusivamente especializados en RAEE sino que reciben diversos tipos de materiales reciclables como papel, cartón, vidrio y plásticos, por lo que el tratamiento y seguimiento específico de los dispositivos electrónicos puede variar según el tipo de residuo y los convenios establecidos con cooperativas u operadores especializados («Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires» 2025).

Una de las iniciativas más importantes fue el programa Conectando Sonrisas en 2012, llevada a cabo por la Dirección General de Desarrollo Sustentable, junto con la Fundación Equidad, en la cual se recolectaron computadoras en desuso provenientes de vecinos y empresas privadas. Estos equipos eran luego reacondicionados y donados a escuelas, bibliotecas populares y organizaciones sociales, con el objetivo de contribuir a la inclusión digital y a la reducción del impacto ambiental de los residuos electrónicos. Sin embargo, esta iniciativa ha sido discontinuada o absorbida por otros programas de gestión ambiental y tecnológica («Gobierno de la Ciudad Autónoma de Buenos Aires» 2013).

A nivel nacional, la política pública más relevante ha sido el programa Conectar Igualdad, lanzado inicialmente en 2010, cuyo objetivo principal fue reducir la brecha digital en

el sistema educativo mediante la entrega de computadoras portátiles a estudiantes y docentes de escuelas secundarias públicas. Sin embargo, el programa no se centró en el reacondicionamiento de tecnología donada.

No obstante, a pesar de estos esfuerzos, la articulación entre programas de gestión de RAEE y estrategias de reutilización o donación tecnológica aún resulta limitada. La mayoría de las políticas existentes se han concentrado en la recolección y disposición final, y no se han desarrollado hasta el momento plataformas tecnológicas que faciliten el vínculo directo entre donantes y receptores.

2.2.2 Instituciones de la sociedad civil

En Argentina, diversas instituciones de la sociedad civil han desempeñado un rol fundamental en la promoción del reciclaje y donación de dispositivos electrónicos. Estas iniciativas sin fines de lucro han buscado reducir simultáneamente la brecha digital y el impacto ambiental de los residuos tecnológicos, operando muchas veces de forma complementaria a los esfuerzos gubernamentales.

Una de las organizaciones más importantes es la de Fundación Equidad, que desde el año 2001 se dedica a reacondicionar dispositivos donados por empresas y particulares, principalmente computadoras, para luego donarlas a escuelas e instituciones del país. Según su sitio oficial, la fundación *“recicla la tecnología con el fin de reducir la brecha digital y promover la igualdad de acceso a la educación, la información, el conocimiento, brindando mayores oportunidades de capacitación e inserción laboral a jóvenes y adultos”*. Gracias a esta fundación, se logran donar entre 2000 y 3000 equipos anualmente a diferentes instituciones que los necesitan («Fundación Equidad» 2025). El modelo de trabajo de esta fundación se basa en un circuito integral de recuperación y redistribución. El proceso comienza con la recepción de dispositivos electrónicos donados. Una vez ingresados, los equipos son reacondicionados en el taller técnico de la fundación, donde se evalúa su estado y se realizan las reparaciones necesarias para garantizar su funcionamiento. Posteriormente, se seleccionan los dispositivos según las necesidades específicas de las instituciones solicitantes. Los equipos restaurados son donados y puestos nuevamente en circulación con el objetivo de reducir la brecha digital. A su vez, los componentes que no pueden ser reutilizados son clasificados adecuadamente como residuos de

aparatos eléctricos y electrónicos (RAEE). Estos materiales son gestionados por socios especializados que se encargan de su tratamiento y disposición final, asegurando prácticas responsables con el medio ambiente.

El programa EKOA de la Universidad Nacional de La Plata es otro ejemplo de iniciativa que promueve la recepción y recuperación de equipamiento electrónico. A través de convenios con cooperativas y organizaciones sociales, EKOA canaliza estos dispositivos hacia comunidades en situación de vulnerabilidad, a la vez que fomenta la conciencia ambiental entre los donantes y beneficiarios («EKOA UNLP» 2025).

En ambos casos, para recibir donaciones se debe completar un formulario online. Actualmente, estas instituciones no cuentan con una plataforma digital que conecte de manera transparente a los donantes con las instituciones receptoras, ni que permita registrar y trazar el recorrido de cada dispositivo en tiempo real.

2.2.3 Aplicaciones y plataformas digitales

En los últimos años, diversas plataformas digitales han sido desarrolladas a nivel internacional con el objetivo de facilitar la reutilización de dispositivos electrónicos. A continuación, se describen las iniciativas más representativas en este campo.

2.2.3.1 Circular Place

Circular Place es una plataforma digital sin fines de lucro establecida en España en 2023, con el fin de facilitar la donación de dispositivos electrónicos excedentes por parte de fabricantes y distribuidores a organizaciones sin fines de lucro y centros educativos. La iniciativa surge en respuesta a la legislación ambiental española, que prohíbe la destrucción de productos nuevos no vendidos, promoviendo su reutilización y donación. En este contexto, Circular Place funciona como un marketplace social, en el que los productores pueden registrar sus excedentes de stock y conectarse con organizaciones previamente homologadas para gestionar las donaciones. Estas organizaciones tienen la posibilidad de solicitar productos según sus necesidades, mientras que los donantes conservan la autonomía de decidir a quién y cuándo entregar los bienes. El funcionamiento de la plataforma se basa en los principios de la

Responsabilidad Extendida del Productor (REP), integrando criterios de sostenibilidad, inclusión social y economía circular.

Si bien Circular Place representa un modelo exitoso de economía circular y responsabilidad social en Europa, no contempla la participación de particulares como donantes de tecnología usada, ya que su enfoque principal es la reutilización de productos nuevos no vendidos («Circular Place» 2025).

2.2.3.2 Digtunity

Digtunity es una plataforma que conecta a donantes con organizaciones pre-calificadas que han solicitado ese tipo de tecnología. Los donantes pueden visualizar cuales son los centros de reacondicionamientos más cercanos en un mapa, o incluso colocar su código postal para localizarlos. Esta plataforma invita a las grandes corporaciones a donar sus equipos reemplazados en vez de revenderlos, de modo que generen impacto social local. Sin embargo, la plataforma no cuenta con funcionalidades de trazabilidad de dispositivos donados y opera únicamente en Estados Unidos («Digtunity» 2025).

2.2.3.3 Labdoo

A nivel internacional, Labdoo es un proyecto colaborativo que opera mediante una plataforma web estilo red social. Labdoo invita a individuos y empresas a donar sus laptops en desuso para ser entregados a escuelas en países en desarrollo. Cada laptop donado se etiqueta con un código de seguimiento en la plataforma Labdoo, y los donantes pueden monitorear en línea el recorrido de su equipo hasta que llega a manos de un estudiante beneficiario. Los donantes deben llevar el dispositivo a un punto de recolección o coordinar su transporte con voluntarios viajeros. Sin embargo, Labdoo no implementa tecnologías como blockchain, lo que limita la transparencia e inmutabilidad del seguimiento del dispositivo. Además, tampoco cuenta con un sistema de recompensas que incentive la participación sostenida de donantes. Es importante destacar también que los beneficiarios de esta plataforma son principalmente escuelas de países en desarrollo («Labdoo» 2025).

2.2.3.4 Comparación de aplicaciones

Luego de revisar distintas plataformas digitales, se establece una comparación entre ellas en función de sus principales características funcionales. Esta comparación permite identificar tanto los elementos comunes como las limitaciones que presentan estas herramientas, así como también visibilizar los aspectos que aún no han sido abordados de manera integral.

Tabla I: Características de las principales aplicaciones para donación de tecnología.

Fuente: Elaboración propia.

	Circular Place	Digtunity	Labdoo
Trazabilidad de donaciones	No	No	Si (limitada)
Sistema de incentivos	No	No	No
Participación de particulares	No	Si	Si
Geolocalización de centros	No	Si	No
Orientadas a Argentina	No	No	No
Tipo de dispositivos donados	Nuevos	Usados corporativos y particulares	Usados corporativos y particulares

Modelo de operación	Productores a ONGs educativas	Corporaciones y particulares a centros locales	Donantes a escuelas vía red colaborativa en países en desarrollo
---------------------	-------------------------------	--	--

Las tres plataformas analizadas presentan diferencias en cuanto a su enfoque operativo y población objetivo.

Circular Place se orienta exclusivamente a fabricantes y distribuidores pero no contempla participación de particulares. Su alcance se limita al cumplimiento regulatorio y a una lógica de responsabilidad corporativa, sin incluir funcionalidades que fomenten la interacción de la comunidad.

Digitunity permite que corporaciones y particulares donen sus dispositivos, destaca por su sistema de geolocalización y permite a los usuarios ubicar centros de reacondicionamiento cercanos. Si bien es una mejora en la accesibilidad y descentralización del proceso, la falta de transparencia en la trazabilidad limita su capacidad de generar confianza en los usuarios.

Labdoo se distingue por su carácter colaborativo y su estructura tipo red social. Aunque dispone de ciertas funcionalidades de trazabilidad, no incorpora tecnología blockchain. Los beneficiarios de Labdoo se concentran principalmente en escuelas de países en desarrollo. Esto limita su aplicabilidad a contextos como el de Argentina, donde también existen necesidades tecnológicas insatisfechas, pero no necesariamente se priorizan desde estas plataformas globales.

Ninguna de las aplicaciones mencionadas opera activamente en Argentina, ni poseen sistemas de recompensas con herramientas que incentiven la recurrencia de donaciones.

2.2.4 Océano Azul

Para analizar el entorno competitivo del proyecto, se recurre al enfoque propuesto por (Kim y Mauborgne 2005) conocido como *Estrategia del Océano Azul*. A diferencia de las estrategias tradicionales que buscan competir en mercados saturados (océanos rojos), esta

metodología propone crear un nuevo espacio de mercado libre de competencia directa, mediante la innovación en valor.

2.2.4.1 Matriz ERIC

La matriz ERIC es una herramienta que permite redefinir la propuesta de valor de un proyecto al cuestionar los supuestos tradicionales del sector. A través de cuatro acciones estratégicas —eliminar, reducir, incrementar y crear—, se busca analizar la oferta existente, para construir una solución diferenciadora y orientada a necesidades insatisfechas.

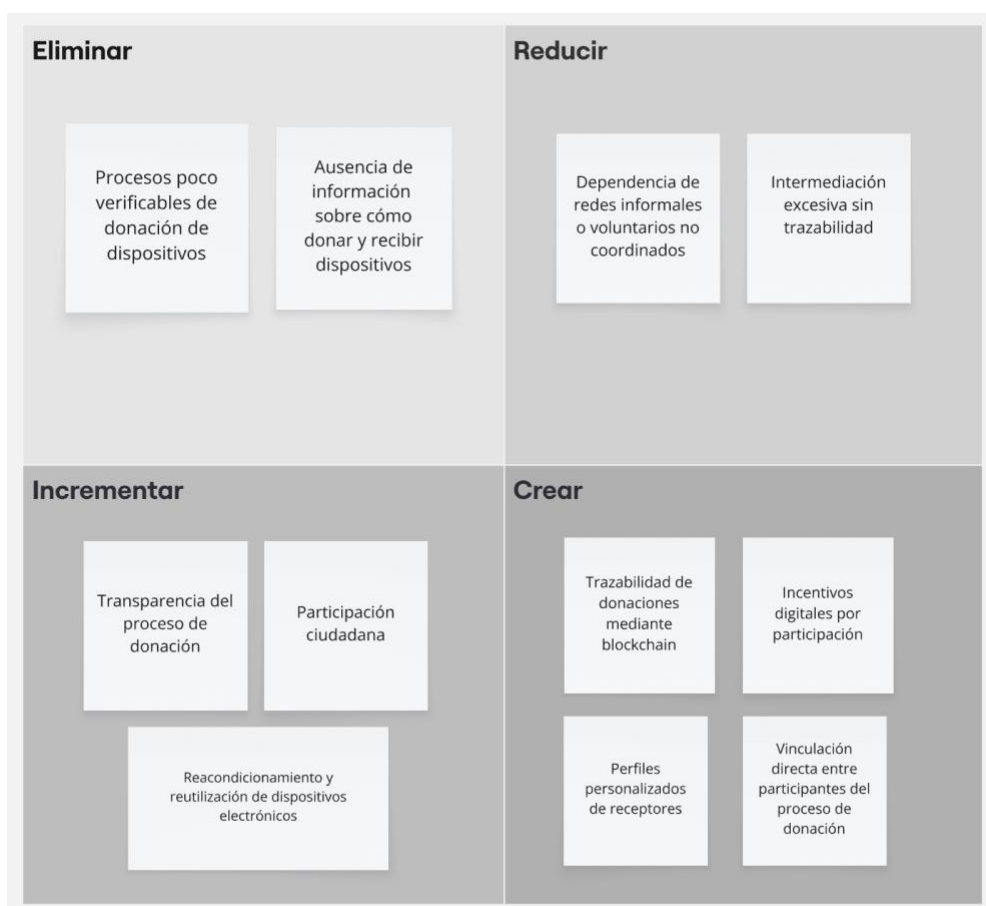


Figura 4. Matriz ERIC aplicada al análisis estratégico del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se describen las variables consideradas en cada uno de los cuadrantes de la matriz ERIC, aplicada al presente proyecto.

- Eliminar:
 - Procesos no verificables de donación de dispositivos: Se busca eliminar la falta de información sobre el destino de los dispositivos, permitiendo a donantes y receptores acceder al historial de cada equipo.
 - Ausencia de información sobre cómo donar y recibir dispositivos: Se busca eliminar las barreras informativas mediante una plataforma que centraliza y comunica claramente el proceso.
- Reducir:
 - Dependencia de redes informales o voluntarios no coordinados: Se reduce la necesidad de sistemas no estructurados de recolección o entrega, reemplazándolos por un canal formal y digital.
 - Intermediación excesiva sin trazabilidad: Se busca minimizar la participación de actores sin control ni registro para tener mayor transparencia.
- Incrementar
 - Transparencia del proceso de donación: Se incrementa la visibilidad y verificabilidad del circuito completo, desde el donante hasta el destinatario final.
 - Participación ciudadana: Se promueve una mayor involucramiento de personas comunes como donantes, reacondicionadores o difusores del proyecto.
 - Reacondicionamiento y reutilización: Se prioriza extender la vida útil de los dispositivos en lugar de su descarte.
- Crear:
 - Trazabilidad de donaciones mediante blockchain: Se introduce un sistema inmutable y descentralizado para registrar el ciclo de vida de cada dispositivo donado.
 - Incentivos digitales por participación: Se desarrollan mecanismos de reconocimiento simbólico o gamificado para promover acciones solidarias y sostenibles.

- Perfiles personalizados de receptores: Se implementa un sistema para identificar las necesidades específicas de los destinatarios y mejorar la asignación.
- Vinculación directa entre participantes del proceso de donación: Se crea una plataforma que conecta de forma segura a donantes, receptores y reacondicionadores, sin intermediarios.

2.2.4.2 Curva de valor

La curva de valor permite comparar visualmente distintas iniciativas según los factores claves que definen su propuesta, detalladas en la matriz ERIC. Esto permite evidenciar cómo la solución propuesta se posiciona frente a otras alternativas actuales en el ecosistema de donación tecnológica.

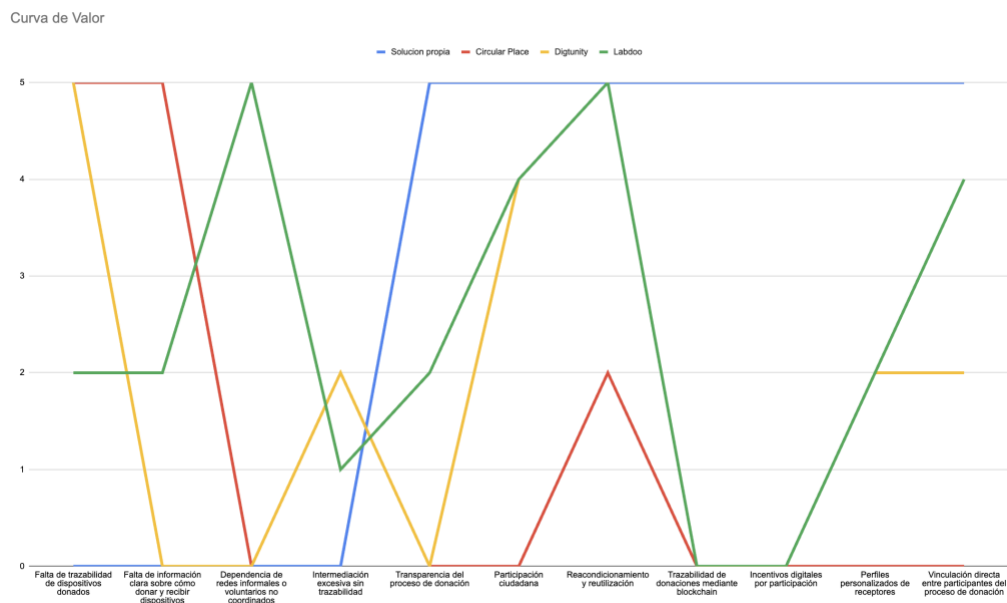


Figura 5. Curva de valor. Fuente: Elaboración propia.

La curva de valor presentada compara la solución propuesta con las tres iniciativas relevantes en el ámbito de la donación de tecnología presentadas anteriormente. Se analizaron trece atributos estratégicos vinculados a la trazabilidad, transparencia, participación ciudadana y reacondicionamiento de dispositivos.

Como se observa, la solución propia se diferencia por ofrecer altos niveles de trazabilidad (incluyendo blockchain), incentivos por participación, perfiles personalizados de receptores y vinculación directa entre actores, atributos poco desarrollados o ausentes en el resto de las iniciativas. Este posicionamiento busca crear un nuevo espacio de valor no explorado, alineado con los principios de la Estrategia del Océano Azul.

2.2.5 Conclusiones

El análisis de las iniciativas existentes, tanto institucionales como provenientes de la sociedad civil, evidencia que en Argentina se han realizado esfuerzos significativos en materia de donación de dispositivos electrónicos. Sin embargo, estas soluciones presentan ciertas limitaciones, con escasa comunicación entre actores, y carecen de una infraestructura tecnológica que permita escalar sus impactos.

Asimismo, las plataformas digitales analizadas a nivel internacional aportan soluciones parciales al problema, restringiendo su alcance geográfico a regiones o poblaciones específicas.

En este contexto, la propuesta del presente trabajo busca potenciar las iniciativas existentes en torno a la donación de tecnología que existen en el país, principalmente aquellas del sector social. De esta forma, el valor del proyecto radica en la conexión entre los diferentes actores, como ciudadanos, empresas y organizaciones sin fines de lucro, en torno a una herramienta común, diseñada específicamente para el contexto argentino. La solución propone criterios de trazabilidad y transparencia, amplificando el alcance de quienes ya trabajan en esta problemática. Además, la implementación de tecnología blockchain permite reforzar la confianza en el sistema a lo largo de todo el proceso. Este componente resulta clave para incentivar la participación de nuevos donantes al ofrecer garantías verificables sobre el destino final de los dispositivos entregados.

3. Descripción

La presente sección tiene como propósito presentar los elementos centrales que fundamentan y estructuran el desarrollo de la solución propuesta. En primer lugar, se expone el proceso de User Research, a partir del cual se identificaron las necesidades, expectativas y

dificultades de los actores involucrados. Posteriormente, se detallan los componentes de la solución propuesta, tanto los funcionales como los técnicos.

3.1 User Research

Con el fin de comprender las necesidades, limitaciones y oportunidades vinculadas a la problemática que se busca solucionar en el presente proyecto, se llevó a cabo una instancia de investigación centrada en los usuarios. Esta etapa resultó fundamental para identificar los requerimientos y expectativas de los distintos actores que interactuarán con la plataforma, así como para fundamentar el diseño de una solución alineada con sus realidades y motivaciones.

En ese contexto, se aplicaron dos estrategias de recolección de información. La primera consiste en una encuesta dirigida a la comunidad general, con el objetivo de relevar percepciones, hábitos y barreras vinculadas a la donación de dispositivos electrónicos. Además, se llevó a cabo una entrevista a una posible organización receptora, a fin de conocer de manera cualitativa sus necesidades tecnológicas.

3.1.1 Encuesta

La encuesta contó con un total de 166 respuestas y estuvo estructurada en diferentes bloques temáticos que permiten analizar tanto el perfil demográfico de los participantes como sus prácticas de consumo, descarte y disposición ante la posibilidad de donar tecnología.

El primer bloque de preguntas estuvo orientado a caracterizar el perfil de los encuestados. Se consultó su edad, género y provincia de residencia, con el fin de entender la diversidad geográfica y etaria de la muestra. La mayoría de las personas encuestadas se ubicó en el rango de 18 a 35 años (53,3% en total), seguido por un 19,2% de personas mayores de 50 y un 16,8% de entre 36 y 50 años. Por último, se obtuvo un 10,8% en el rango de menos de 18 años.

En lo que respecta a la ubicación geográfica, la mayoría de los encuestados reside en la provincia de Buenos Aires y la Ciudad Autónoma de Buenos Aires, ya que estos distritos concentran la mayor proporción de hogares con acceso a dispositivos tecnológicos en Argentina (INDEC 2025). Considerando que la encuesta estuvo dirigida a potenciales donantes, se buscó

relevar a la población con mayor probabilidad de disponer de equipos en desuso que puedan ser canalizados hacia instituciones y comunidades que los necesiten.

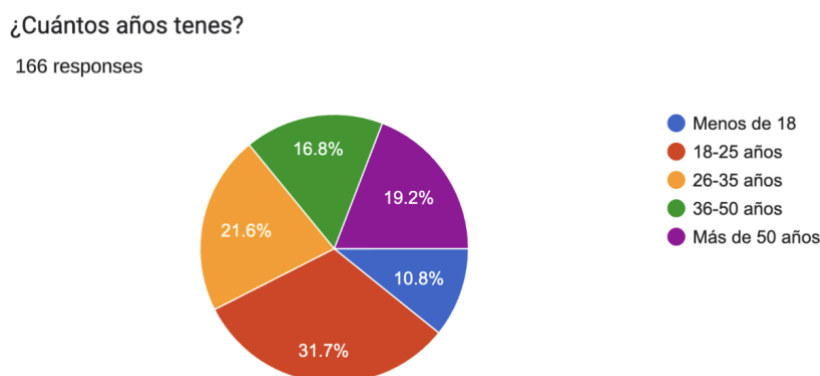


Figura 6. Distribución etaria de los encuestados. Fuente: Elaboración propia.

Luego, se indagó sobre los hábitos de renovación tecnológica, tanto de celulares como de computadoras. En el caso de los celulares, el 39,8% de los usuarios indicaron que renuevan su dispositivo entre los dos a tres años. Por otro lado, la mayoría de los usuarios indicó que renuevan sus computadoras cuando dejan de funcionar. Sin embargo, el 27,7% afirma renovarla después de los tres años o más. Entre los factores que influyen en la decisión de reemplazar un equipo, se destacan los problemas de batería y los daños físicos. Asimismo, un 34,9% mencionó las nuevas características o tecnologías, y un 31,9% las promociones y ofertas comerciales.

Otro de los temas abordados en la encuesta fue el comportamiento de los usuarios frente a los dispositivos que ya no utilizan. La gran mayoría, siendo el 68,1% de los usuarios, afirmaron guardarlos en su casa. A su vez, solo 26,5% termina donándolos y el 4,2% los lleva a puntos de reciclaje especializados.

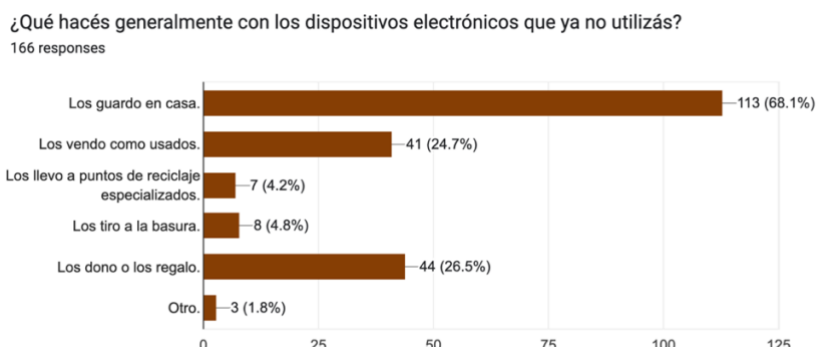


Figura 7. Distribución de las prácticas más habituales respecto a los dispositivos electrónicos en desuso. Fuente: Elaboración propia.

Cuando se le consultó a los usuarios si actualmente conservan dispositivos en desuso en sus hogares, el 53% de los encuestados contestó tener varios dispositivos, mientras que el 33,7% indicó tener entre dos o tres dispositivos. Solo el 13,3% negó tener algún dispositivo almacenado. Estos porcentajes validan que existe una gran cantidad de dispositivos almacenados sin uso, que no se ven involucrados en circuitos de reutilización o donación. Entre las principales razones para mantenerlos almacenados, las más mencionadas fueron: no saber dónde llevarlos (43,8%), creer que podrían servir en el futuro (35,2%) y sentir culpa por tirarlos (34%). Estas respuestas ponen en evidencia una predisposición positiva hacia la reutilización, que no se concreta por falta de canales claros, seguros y accesibles.

¿Actualmente tenés dispositivos electrónicos viejos o en desuso guardados en tu casa?
166 respuestas

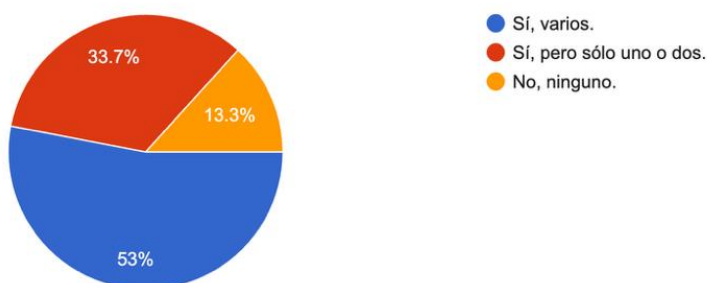


Figura 8. Presencia de dispositivos electrónicos en desuso en los hogares de los encuestados. Fuente: Elaboración propia.

Respecto al conocimiento de técnicas de reutilización, el 91% de los usuarios afirma no saber dónde llevar sus dispositivos para reciclarlos o donarlos, lo que refuerza el concepto de falta de información y accesibilidad en los canales existentes.



Figura 9. Motivos principales por los cuales los encuestados conservan dispositivos electrónicos en desuso. Fuente: Elaboración propia.

Del análisis de la frecuencia de renovación de dispositivos electrónicos por grupo etario, se desprenden patrones diferenciados entre el comportamiento frente al recambio de celulares y computadoras, así como entre distintos rangos de edad.

En cuanto a los celulares, se observa que los usuarios más jóvenes tienden a reemplazarlos con mayor frecuencia. Por ejemplo, el 50% de los encuestados menores de 18 años y el 58% de quienes tienen entre 26 y 35 años indicaron renovar su celular cada dos a tres años. En contraste, los mayores de 50 años presentan un patrón más conservador, ya que el 50% afirma cambiarlo solo cuando deja de funcionar, lo que podría estar asociado a una menor dependencia tecnológica o hábitos más austeros.

Respecto a las computadoras, la tendencia general es aún más marcada hacia la prolongación de su vida útil. En todos los grupos etarios predomina la opción “solo cuando deja de funcionar”, con porcentajes especialmente altos en el rango de 18 a 25 años (89%) y en mayores de 50 años (75%). Este dato sugiere que, a diferencia de los celulares, las computadoras suelen mantenerse en uso por más tiempo, posiblemente debido a su mayor valor económico o menor exposición al recambio motivado por moda o promociones.

En general, el comportamiento frente al recambio se vuelve más conservador a medida que aumenta la edad, tanto para celulares como para computadoras. Esta conclusión resulta relevante para el diseño de estrategias de recolección y donación: los usuarios jóvenes podrían ser más propensos a donar dispositivos aún funcionales, mientras que los de mayor edad podrían conservarlos hasta su obsolescencia total, dificultando su reutilización.

Recambio de celular					
	Entre los dos a tres años	Sólo cuando deja de funcionar	Una vez al año	Después de 3 años o más	Total
Menos de 18	50%	17%	6%	28%	100%
18-25	39%	39%	21%	0%	100%
26-35	58%	14%	6%	22%	100%
36-50	32%	29%	4%	36%	100%
Más de 50	16%	50%	3%	31%	100%

Recambio de computadora					
	Entre los dos a tres años	Sólo cuando deja de funcionar	Una vez al año	Después de 3 años o más	Total
Menos de 18	17%	67%	0%	17%	100%
18-25	4%	89%	7%	0%	100%
26-35	11%	53%	0%	36%	100%
36-50	14%	57%	4%	25%	100%
Más de 50	6%	75%	3%	16%	100%

Figura 10. Frecuencia de recambio de celulares y computadoras según grupo etario.

Fuente: Elaboración propia.

Por último, se le consultó a los usuarios si estarían dispuestos a donar un dispositivo a través de una plataforma segura y fácil de usar. El 94,6% respondió afirmativamente, y las condiciones que más generarían confianza para hacerlo incluyen: saber exactamente a qué organización se dona (54,2%), poder hacer seguimiento del dispositivo (31,3%) y elegir el tipo de institución destinataria (45,2%).

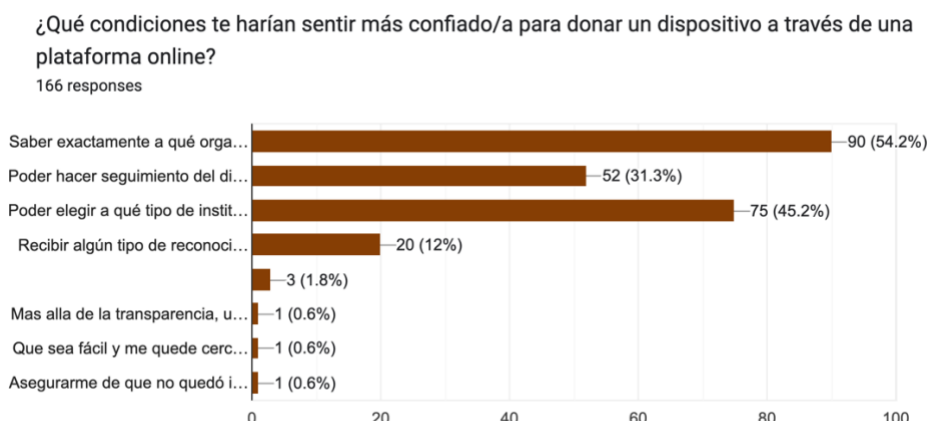


Figura 11. Condiciones que aumentarían la confianza para donar dispositivos a través de una plataforma online. Fuente: Elaboración propia.

3.1.2 Entrevista

Como parte del proceso de investigación con usuarios e instituciones potencialmente beneficiarias, se llevó a cabo una entrevista con Angela Lucia Pietraroia, quien fue directora de la Escuela Primaria N.º 21 “José de San Martín” y de la Escuela “San Miguel Arcángel”, y actualmente ocupa el cargo de directora en el Colegio “Espíritu Santo”. Estas instituciones, ubicadas en los partidos de Avellaneda y Lanús (Provincia de Buenos Aires), comprenden tanto escuelas de gestión pública como privada, lo cual permite incorporar una perspectiva amplia sobre la brecha digital en contextos educativos con distintos niveles de recursos y capacidad adquisitiva.

Durante la entrevista, se profundizó en el estado actual del acceso a la tecnología en instituciones educativas de nivel primario. La directora describió un panorama marcado por dispositivos obsoletos, falta de mantenimiento, escasa conectividad y carencias tanto materiales como humanas para sostener una integración tecnológica efectiva en el aula. Señaló que, si bien algunas escuelas públicas cuentan con talleres esporádicos y acceso básico a internet, la infraestructura tecnológica en general está profundamente deteriorada.

Respecto al acceso individual de los estudiantes a dispositivos, Pietraroia manifestó que muy pocos alumnos cuentan con computadoras en horario escolar, ya que la cantidad de equipos disponibles en la escuela es muy limitada. En la mayoría de los casos, se tiene un dispositivo por grupo de varios alumnos, lo cual impide su uso personalizado y sostenido. Esta situación afecta de forma directa el desarrollo de competencias digitales, ya que tampoco existe un plan de alfabetización digital consistente.

Por otro lado, la entrevista reveló que muchos de los dispositivos disponibles en las escuelas no se encuentran en condiciones de uso: se bloquean fácilmente y presentan fallas. En otras ocasiones, no son utilizados por falta de capacitación docente, especialmente en los casos de educadores de mayor edad, quienes muestran resistencia a la incorporación de herramientas digitales.

En cuanto a los recursos más necesarios, la directora identificó como prioritarios los dispositivos móviles (celulares y notebooks), proyectores y computadoras de escritorio, junto con una mejor conectividad.

Pietrarroia subrayó que el acceso a dispositivos tecnológicos constituye una herramienta clave para la inclusión educativa y social, ya que permite investigar, acceder a contenidos y participar activamente de las clases. Sin embargo, también advirtió que el acceso a la tecnología está fuertemente condicionado por el nivel socioeconómico: mientras que los alumnos de sectores medios suelen contar con celulares, los estudiantes de sectores más desfavorecidos carecen de cualquier dispositivo personal. Además, la directora destacó el impacto negativo de esta desigualdad tecnológica: la escuela se ve desafiada a incluir a estudiantes que no pueden acceder al aprendizaje digital. Este problema se intensificó durante la pandemia por COVID-19, cuando la virtualización de las clases dejó en evidencia las dificultades para sostener la continuidad pedagógica en aquellos hogares sin acceso a dispositivos, obligando a las escuelas a buscar soluciones alternativas frente a una emergencia educativa sin precedentes.

Finalmente, la docente valoró positivamente la posibilidad de contar con una plataforma que canalice donaciones de tecnología reacondicionada, destacando que podría representar una ayuda concreta y significativa para escuelas con recursos limitados.

3.1.3 Conclusiones

Los resultados obtenidos a partir de la encuesta y la entrevista realizada confirman la existencia de una problemática real, tanto en lo que respecta al almacenamiento de dispositivos electrónicos en desuso como a la falta de acceso a tecnología en sectores educativos vulnerables. La información recopilada evidencia dos cuestiones: por un lado, la acumulación doméstica de tecnología sin uso; por el otro, la necesidad de dispositivos funcionales en instituciones educativas que no logran sostener una alfabetización digital mínima.

La encuesta permitió identificar que una mayoría significativa de personas conserva dispositivos electrónicos sin uso en sus hogares, principalmente por desconocimiento respecto a cómo gestionarlos correctamente. Al mismo tiempo, se detectó una predisposición a donarlos, siempre que existan condiciones de confianza, trazabilidad y simpleza en el proceso.

Por su parte, la entrevista con una referente educativa profundizó la dimensión institucional del problema. Las escuelas primarias, especialmente aquellas ubicadas en contextos socioeconómicos desfavorables, enfrentan carencias estructurales en materia de infraestructura tecnológica. La falta de dispositivos disponibles en condiciones de uso limita el

desarrollo de competencias digitales en el aula y profundiza la desigualdad en el acceso al conocimiento.

En conjunto, ambos instrumentos de investigación permiten concluir que existe una oportunidad para implementar una plataforma digital que conecte a los distintos actores en un ecosistema confiable, trazable y orientado a generar impacto social.

3.2 Solución

En la presente sección se describe la solución propuesta para abordar la problemática planteada. Se presenta el diseño de Reconecta, una plataforma web que permite conectar a donantes y organizaciones receptoras para facilitar la donación, reacondicionamiento y redistribución de dispositivos electrónicos. El sistema incorpora el uso de tecnología blockchain para garantizar la trazabilidad de cada equipo, registrando de manera inmutable las transacciones vinculadas a su ciclo de vida. De este modo, se asegura la transparencia del proceso y se fortalece la confianza de los usuarios en la gestión de las donaciones.

La plataforma permite a los usuarios donantes registrar dispositivos en desuso, especificar su tipo, estado y características, y seleccionar la institución a la que desean destinarlo. A su vez, las organizaciones receptoras pueden registrarse en el sistema, describir sus necesidades tecnológicas y recibir notificaciones cuando haya equipos disponibles que se ajusten a su perfil. Por su parte, los reacondicionadores pueden tomar dispositivos pendientes de reparación, actualizar su estado y validar su funcionamiento antes de la entrega final.

Cada una de estas acciones genera eventos registrados en el sistema de trazabilidad basado en tecnología blockchain, el cual almacena de forma inmutable los cambios de estado y transferencias de cada dispositivo a lo largo de su ciclo de vida. Además, cada dispositivo tiene un código QR asociado, permitiendo consultar el historial fácilmente.

3.2.1 Tipos de usuarios

La plataforma Reconecta contempla la interacción de tres tipos principales de usuarios, cuyas características, motivaciones y necesidades fueron identificadas a través del proceso de User Research. Los usuarios identificados fueron:

- **Usuarios donantes:** Los usuarios donantes comprenden particulares que poseen dispositivos electrónicos en desuso y manifiestan la voluntad de entregarlos para su reutilización con fines sociales.
- **Usuarios receptores:** Este tipo de usuario consiste en instituciones sociales, educativas o comunitarias que necesitan de tecnología para cumplir sus fines. La plataforma les permite expresar sus necesidades, recibir donaciones y realizar siguiendo del proceso de asignación.
- **Usuarios reacondicionadores:** Son personas u organizaciones que se encargan de la reparación y reacondicionamiento técnico de los dispositivos donados, para asegurar que lleguen en condiciones adecuadas a los usuarios receptores. Pueden ser cooperativas de trabajo, talleres comunitarios, fundaciones tecnológicas o profesionales independientes con experiencia en mantenimiento informático.

3.2.2 Requerimientos funcionales

Según (Sommerville 2005), un requerimiento funcional describe una función particular que el sistema debe realizar, e incluye detalles como entradas, salidas y comportamiento ante ciertas condiciones. Estos requerimientos constituyen la base para el diseño, desarrollo y validación del sistema. En esta sección se detallan los requerimientos funcionales identificados para Reconecta.

- **RF01.** El sistema deberá permitir a usuarios donantes registrarse con nombre y apellido, correo electrónico y contraseña.
- **RF02.** El sistema deberá permitir a los donantes publicar una oferta de donación, incluyendo tipo de dispositivo, estado y observaciones.
- **RF03.** El sistema deberá mostrar un listado de instituciones receptoras disponibles para que el donante pueda elegir el destino de su dispositivo.
- **RF04.** El sistema deberá permitir al donante hacer seguimiento del estado de su dispositivo donado (pendiente, asignado para reacondicionación, reacondicionado, entregado, no reparable).

- **RF05.** El sistema deberá permitir a las organizaciones receptoras registrarse mediante un formulario que incluya información institucional, ubicación y necesidades tecnológicas.
- **RF06.** El sistema deberá permitir a técnicos reacondicionadores registrarse y seleccionar dispositivos a reparar.
- **RF07.** El sistema deberá permitir a los técnicos reacondicionadores actualizar el estado de cada dispositivo.
- **RF08.** El sistema deberá permitir etiquetar cada dispositivo reacondicionado con un código QR que le de acceso a visualizar su historial.
- **RF09.** El sistema deberá registrar en blockchain cada cambio de estado del dispositivo, desde que se publica en la plataforma hasta que llegue a destino.

3.2.3 Casos de uso

Los casos de uso describen las interacciones entre los usuarios y el sistema, especificando la secuencia de acciones que deben tomar los actores participantes para lograr determinados objetivos. En el marco de Reconecta, los casos de uso permiten ejemplificar los principales escenarios de interacción de los actores identificados anteriormente. A continuación, en la Tabla II se especifican los principales casos de uso de la plataforma.

Tabla II: Principales casos de uso de Reconecta

Nº	Caso de uso	Actores	Descripción
CU 1	Registrar dispositivo	Donante	El donante registra un nuevo dispositivo en la plataforma, completando datos básicos (tipo, estado, descripción). El usuario tiene la opción de elegir la organización que recibirá su dispositivo. El proceso incluye la generación automática de un código QR único asociado al dispositivo.
CU 2	Consultar historial	Donante, Receptor	Permite a donantes y receptores visualizar el historial de estados del dispositivo, registrado

			en blockchain, garantizando trazabilidad e integridad de la información.
CU 3	Tomar dispositivo a reacondicionar	Técnico reacondicionador	El técnico selecciona un dispositivo marcado como pendiente de reacondicionamiento para iniciar el proceso de reparación.
CU 4	Registrar diagnóstico y reparación	Técnico reacondicionador	El técnico documenta el diagnóstico realizado sobre el dispositivo y registra las reparaciones efectuadas, actualizando su estado en la plataforma.
CU 5	Solicitar dispositivo disponible	Receptor	El receptor postula su interés en un dispositivo disponible, en caso de que el donante no haya especificado una organización receptora.
CU 6	Confirmar recepción del dispositivo	Receptor	El receptor confirma la entrega exitosa del dispositivo recibido, cerrando así el ciclo de donación.

Según (Booch 2005), los diagramas de casos de uso constituyen un medio eficaz para capturar los requisitos funcionales y comunicar, en un nivel de abstracción adecuado, cómo los usuarios interactúan con el sistema. En este sentido, el diagrama desarrollado para Reconnecta refleja las acciones clave de donantes, receptores y técnicos reacondicionadores, mostrando el flujo central del proceso de donación de dispositivos.

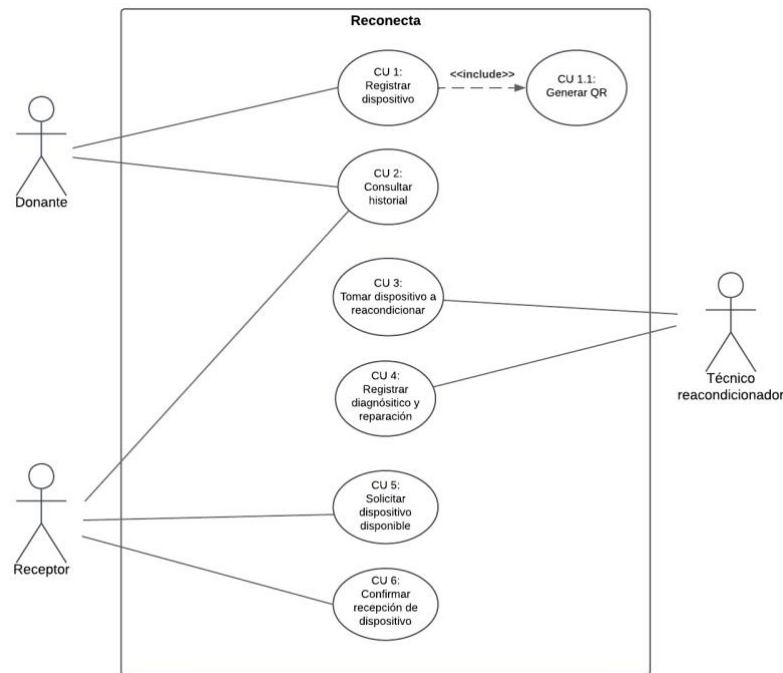


Figura 12. Diagrama de los principales casos de uso de Reconnecta.

3.2.3.1 Diagrama de actividades

Un diagrama de actividades es un tipo de diagrama de comportamiento del lenguaje UML que permite modelar los flujos de trabajo de un sistema, mostrando la secuencia de actividades, las decisiones, la concurrencia y los actores involucrados en un proceso. Su propósito es representar de forma visual cómo se ejecutan las acciones y cómo se coordinan entre sí, lo que facilita la comprensión de la lógica de negocio y el análisis de procesos (Booch 2005). En este caso, para explicar el funcionamiento de Reconnecta, se opta por representar en un diagrama de actividades el flujo de acciones que se dan al publicar un dispositivo en la plataforma.

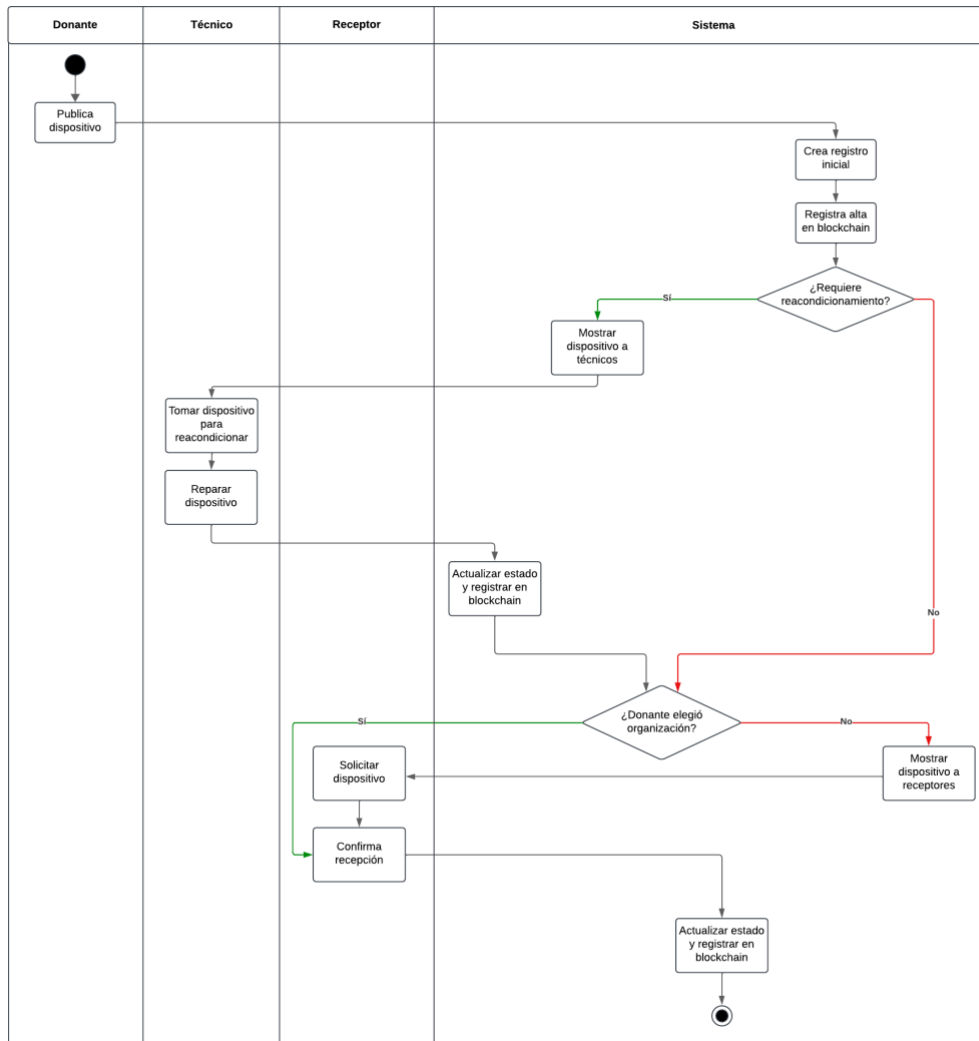


Figura 13. Diagrama de actividades al publicar un dispositivo en Reconecta.

El flujo comienza con el usuario donante publicando su dispositivo en la plataforma. Esta acción implica la carga de información relevante y genera automáticamente un registro inicial en blockchain. La publicación también dispara procesos adicionales, como la creación de un código QR único asociado al equipo y, aunque no se refleja en este diagrama, la actualización de las insignias del usuario donante como parte del sistema de recompensas digitales.

En caso de que el dispositivo publicado necesite reacondicionamiento, este se presenta a los técnicos, quienes lo seleccionan, realizan las reparaciones necesarias y actualizan su estado

en blockchain. Si no necesita estos pasos previos, el dispositivo queda en estado “*pending*” hasta su entrega.

En Reconecta, el usuario puede optar por elegir la organización que recibirá su donación. En caso de que haya explícitamente seleccionado una organización, esta confirma la recepción del equipo y el sistema actualiza el estado a “*delivered*”. En cambio, si no se seleccionó ninguna organización, el dispositivo se publica como disponible para receptores, quienes pueden solicitarlo y confirmar posteriormente la entrega.

En cada etapa del proceso, las operaciones realizadas se registran como transacciones en blockchain, con el objetivo de asegurar la inmutabilidad de la información asociada a cada dispositivo. De este modo, los usuarios pueden acceder posteriormente al historial completo de los equipos.

3.2.4 Atributos de calidad

Los atributos de calidad representan propiedades deseables del sistema que determinan su comportamiento operativo, su eficiencia y su capacidad de evolución a lo largo del tiempo. Estos atributos no definen funcionalidades específicas, sino que establecen criterios sobre cómo debe comportarse el sistema en distintos escenarios. Además, influyen en el diseño arquitectónico de un sistema y en su éxito operativo (Bass et al. 2012). A continuación, se describen los atributos de calidad considerados relevantes para la solución propuesta.

3.2.4.1 Usabilidad

La usabilidad se refiere al grado en que un sistema puede ser utilizado por sus usuarios de manera eficaz, eficiente y satisfactoria para alcanzar determinados objetivos. En el contexto de la arquitectura de software, este atributo implica que la interfaz y las interacciones del sistema deben facilitar el aprendizaje, la comprensión y el uso fluido de las funcionalidades. Según (Bass et al. 2012), la usabilidad se centra en cómo el sistema apoya al usuario para alcanzar sus metas y se mide en términos de la facilidad de aprendizaje, la eficiencia de uso y la satisfacción percibida.

En el contexto de Reconecta, una plataforma intuitiva incrementa la probabilidad de que los usuarios concreten el proceso de donación, reduciendo barreras de entrada y evitando abandonos durante el registro o la publicación de dispositivos, como se detalla en la Tabla III.

Tabla III: Atributo de calidad de usabilidad.

Elemento	Descripción
Origen del estímulo	Usuario donante.
Estímulo	Registrar un dispositivo electrónico para su donación.
Ambiente	Uso normal de la plataforma en un navegador web.
Componentes	Interfaz de usuario.
Respuesta	El dispositivo queda publicado correctamente en el sistema y es visible para los usuarios receptores.
Medida de respuesta	El usuario donante completa el registro del dispositivo en menos de cinco minutos.

3.2.4.2 Mantenibilidad

La mantenibilidad se refiere a la facilidad con la que un sistema puede ser modificado para corregir errores, mejorar su desempeño o adaptarse a nuevos requerimientos. Este atributo garantiza la evolución y sostenibilidad de las soluciones de software en el tiempo, y se mide por el esfuerzo requerido para hacer una modificación del sistema (Bass et al. 2012).

Para Reconecta, se debe contemplar la integración de módulos adicionales, como logística. Para soportar esta evolución sin afectar la estabilidad del sistema, se propone una arquitectura con separación de capas, lo que permite incorporar cambios de manera controlada y con bajo impacto en los componentes existentes.

Tabla IV: Atributo de calidad de mantenibilidad.

Elemento	Descripción
Origen del estímulo	Necesidad del negocio.
Estímulo	Solicitud de agregar una nueva funcionalidad, como integración con servicios logísticos.
Ambiente	Operación normal.
Componentes	Totalidad del sistema.
Respuesta	La nueva funcionalidad se implementa sin interrumpir ni modificar los módulos existentes.
Medida de respuesta	El agregado de la nueva funcionalidad requiere cambios en menos del 15% del código existente.

3.2.4.3 Seguridad

La seguridad en sistemas de software hace referencia a la capacidad de proteger los datos y servicios frente a accesos no autorizados, modificaciones indebidas o pérdidas, garantizando al mismo tiempo la disponibilidad para los usuarios legítimos (Bass et al. 2012). De esta forma, la seguridad debe garantizar la confidencialidad, integridad y disponibilidad de la información. Para el caso de Reconnecta, este atributo resulta importante para sostener la confianza de la plataforma. Particularmente la integridad de la información constituye uno de los aspectos centrales de la solución, al buscar garantizar la trazabilidad inmutable del recorrido de los dispositivos donados. Se busca abordar este requerimiento no funcional mediante el uso de tecnología blockchain, tal como se especifica en la Tabla V.

Tabla V: Atributo de calidad de seguridad.

Elemento	Descripción
Origen del estímulo	Usuario no autorizado.
Estímulo	Intento de alterar el historial de un dispositivo registrado.
Ambiente	Operación normal.
Componentes	Smart contract o “ <i>chaincode</i> ” en Hyperledger Fabric, red blockchain, API Cliente Hyperledger.

Respuesta	El intento de modificación es rechazado automáticamente, manteniéndose la inmutabilidad de los datos registrados.
Medida de respuesta	100% de los intentos de alteración fallan.

3.2.5 Arquitectura de la solución

La arquitectura conceptual de Reconecta se organiza siguiendo un enfoque por capas, con el objetivo de que exista una separación de responsabilidades, facilitar el mantenimiento y reducir el acoplamiento entre componentes (Bass et al. 2012). En este contexto, Reconecta tiene tres capas principales: el frontend, el backend y la capa de blockchain.

El frontend corresponde a la interfaz de usuario, desarrollada con Next.js, que brinda a donantes, técnicos y receptores un entorno para interactuar con la plataforma.

En el backend se definen dos microservicios principales. Por un lado, el servicio de gestión de donaciones, implementado en Django. Este concentra la lógica de negocio vinculada a usuarios, autenticación, dispositivos y organizaciones y persiste la información en una base de datos relacional PostgreSQL.

Por otro lado, el servicio de trazabilidad en blockchain, desarrollado en Node.js con Express, que actúa como cliente de la red de Hyperledger Fabric a través del SDK oficial, exponiendo una API REST dedicada al registro y consulta de transacciones. Esta separación reduce el acoplamiento del sistema y facilita la separación de responsabilidades (Newman 2015).

Finalmente, la capa de blockchain constituye el núcleo de la trazabilidad del sistema. Dentro de la misma, se tiene el despliegue de chaincodes en Hyperledger Fabric. En Hyperledger Fabric, el chaincode corresponde al equivalente de un *smart contract* en otras plataformas blockchain. Se trata de un programa que implementa la lógica de negocio de la aplicación y que se ejecuta en los nodos de la red. A través del chaincode se definen las operaciones que pueden realizarse sobre los activos registrados, en este caso, los dispositivos donados. De esta forma, cada transacción es validada, registrada de manera inmutable y compartida entre todos los nodos de la red (Androulaki et al. 2018). La red de prueba está conformada por dos organizaciones (Org1 y Org2), cada una con un peer que mantiene su propia copia del ledger, así como un servicio de ordenamiento (Ordering Service) responsable

de garantizar la consistencia y el consenso en la escritura de bloques. Cada organización cuenta con su propia Autoridad Certificadora (CA), la cual emite las identidades digitales necesarias para autenticar y autorizar a los distintos participantes de la red.

En secciones posteriores se profundizará en el funcionamiento de cada capa, detallando las decisiones tecnológicas y el rol que cumplen en el cumplimiento de los objetivos de Reconecta.

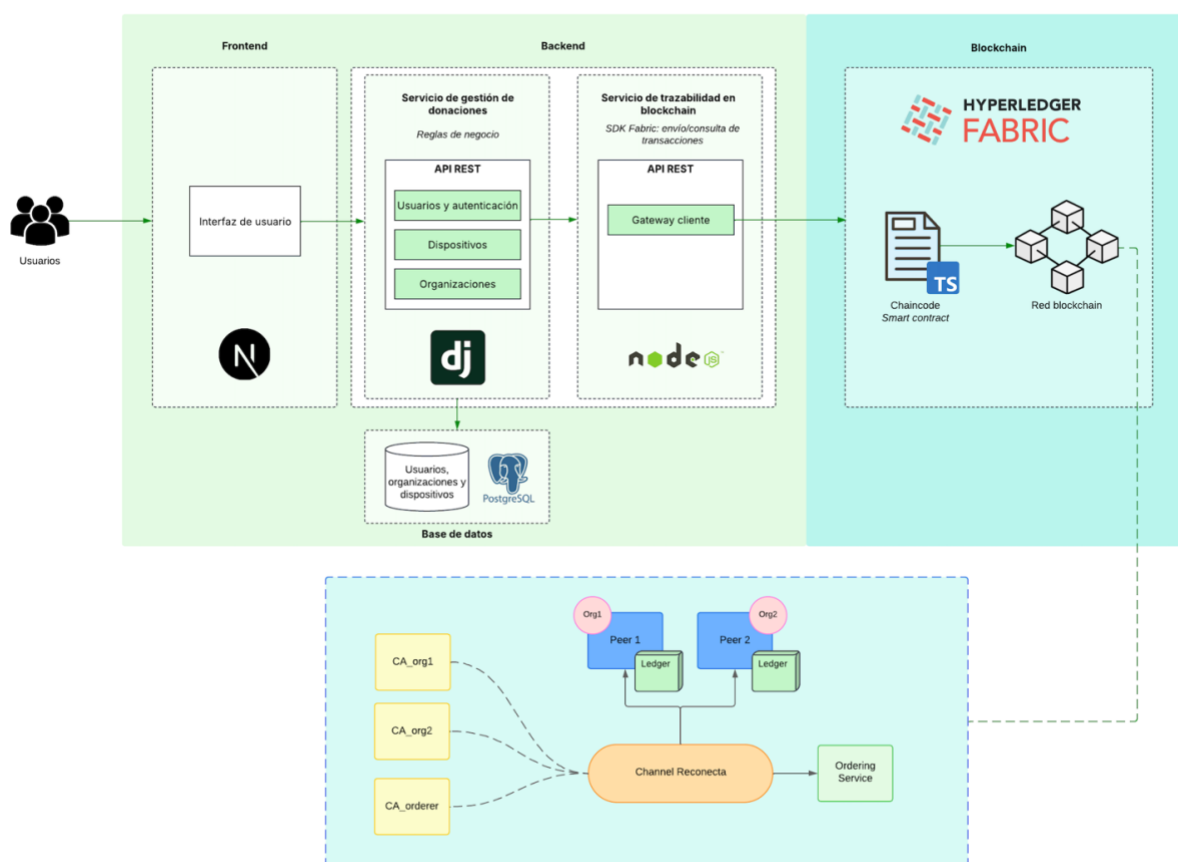


Figura 14. Diagrama de arquitectura conceptual de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

3.2.5.1 Modelo C4

El modelo C4 es una técnica para comunicar arquitecturas de software que utiliza un enfoque jerárquico para describir un sistema en diferentes niveles de abstracción (Brown 2015). Se basa en cuatro niveles: Contexto, Contenedores, Componentes y Código, cada uno con un nivel de detalle progresivo. Su objetivo es facilitar la comprensión de cómo se estructura un

sistema y cómo interactúan sus distintos elementos, adaptando el nivel de abstracción según la audiencia.

En las siguientes secciones se presentan los diagramas correspondientes a cada nivel del C4 Model, aplicados al sistema propuesto, a fin de ilustrar su estructura, las interacciones entre sus elementos y las decisiones arquitectónicas adoptadas.

Diagrama de Contexto

El diagrama de contexto representa la visión más general del sistema Reconecta, mostrando cómo interactúa con los principales actores externos. Reconecta se concibe como un sistema de software orientado a gestionar donaciones de dispositivos electrónicos, garantizando un seguimiento transparente mediante trazabilidad basada en blockchain.

Se ilustran en el diagrama los tres tipos de usuarios identificados anteriormente, que interactúan con el sistema para centralizar el proceso de donación y garantizar la trazabilidad de cada dispositivo. Se registra el historial desde su publicación por parte del donante, pasando por el reacondicionamiento técnico, hasta la recepción por parte de la organización beneficiaria.

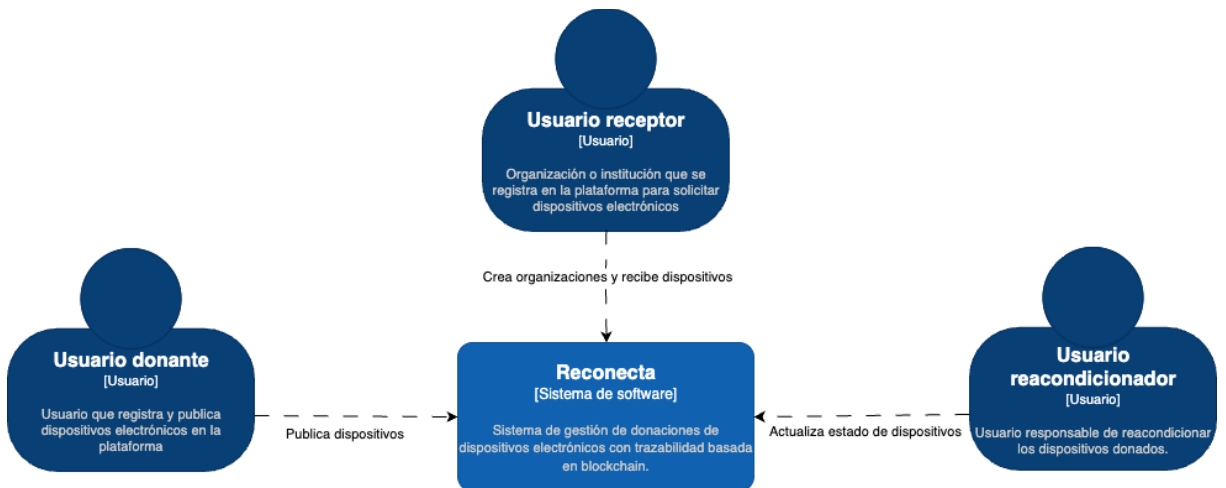


Figura 15. Diagrama de Contexto de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de Contenedores

El diagrama de contenedores presentado en la Figura 16 permite descender un nivel en la descripción de la solución, mostrando cómo se materializan las capas de la arquitectura conceptual en contenedores de software y cómo estos se comunican entre sí.

Los usuarios interactúan con el frontend a través de la interfaz web, el cual se comunica con el servicio de gestión de donaciones para centralizar la lógica de negocio. Este servicio expone los endpoints necesarios para la gestión de usuarios, organizaciones y dispositivos, y se comunica con la base de datos para persistir la información. La base de datos relacional almacena de forma estructurada la información vinculada a usuarios, dispositivos, organizaciones y estados asociados al ciclo de donación.

A su vez, se incorpora un servicio de trazabilidad en blockchain, que administra la interacción con la red blockchain mediante una API REST que permite registrar y consultar transacciones asociadas a cada dispositivo. Este servicio utiliza el SDK de Hyperledger Fabric y gRPC para invocar el chaincode y mantener la integridad de los registros.

Por último, la red blockchain privada implementada sobre Hyperledger Fabric, constituye la infraestructura distribuida que asegura la inmutabilidad y trazabilidad de los dispositivos a lo largo de su ciclo de vida. Ejecuta el chaincode y mantiene el consenso entre los nodos de la red.

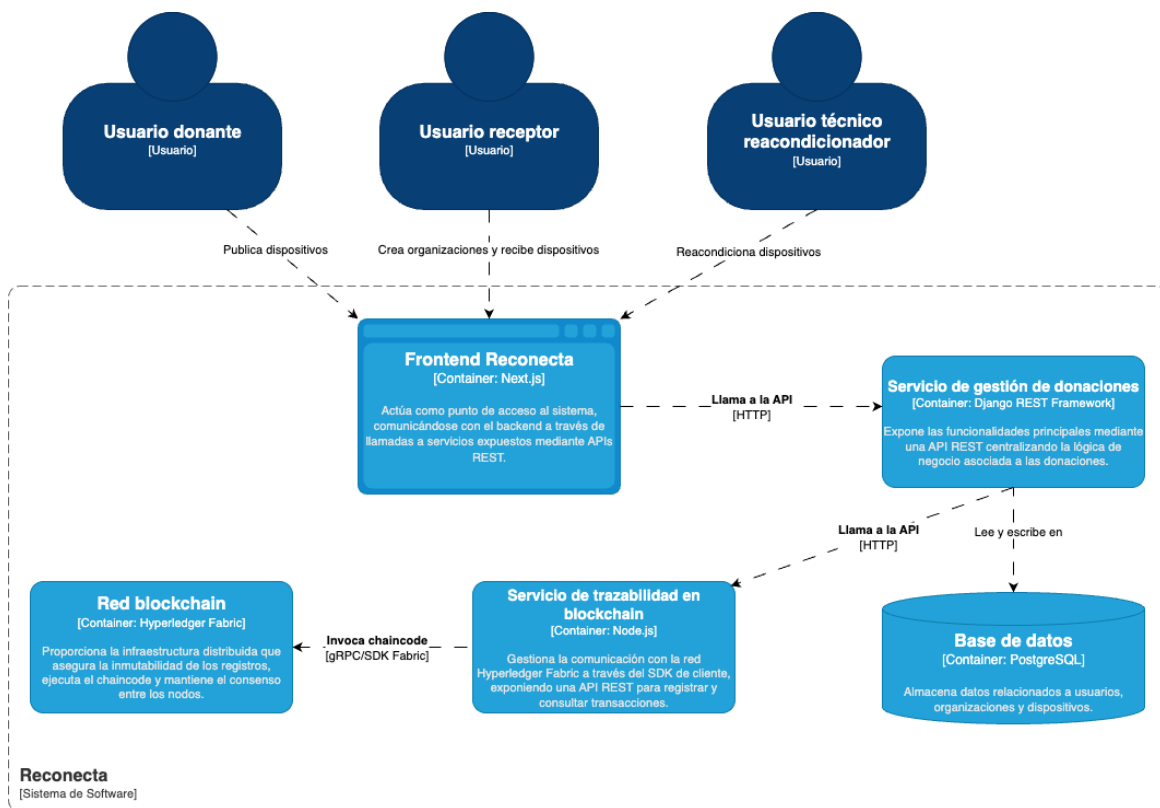


Figura 16. Diagrama de Contenedores de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

Diagrama de Componentes

El diagrama de componentes descompone el Servicio de gestión de donaciones en módulos internos y explicita cómo se comunican entre sí, con el Frontend Reconnecta y con el Servicio de trazabilidad en blockchain. La implementación se basa en Django REST Framework y sigue una separación entre capa de exposición (Views), capa de negocio (Services) y persistencia.

Las Views exponen los endpoints de la API REST. En estos componentes no se contiene la lógica de negocio, solo validan/serializan y delegan en la capa de servicios. En cambio, los servicios encapsulan la lógica de dominio y las reglas de negocio. De esta forma, los servicios interactúan con los modelos definidos; las Views no realizan consultas directas. Esta organización reduce el acoplamiento, facilita las pruebas unitarias y permite evolucionar la API sin afectar el núcleo del dominio.

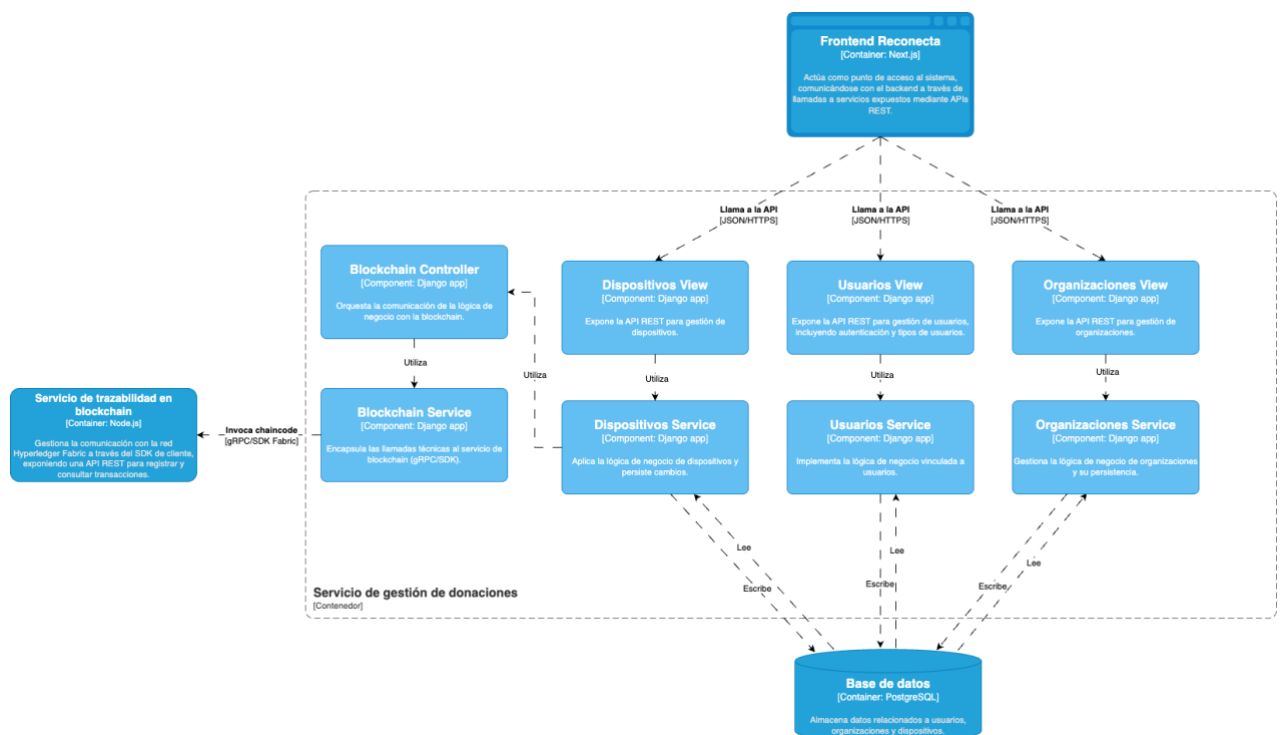


Figura 17. Diagrama de Componentes de Reconnecta. Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se detallan los componentes del diagrama presentado en la Figura 17:

- **Dispositivos View:** Expone los endpoints para la gestión de dispositivos. Recibe peticiones del Frontend Reconnecta y delega el trabajo a Dispositivos Service.

- **Dispositivos Service:** Implementa la lógica de negocio del ciclo de vida del dispositivo. Esto incluye validaciones de perfiles y permisos, asignación a organizaciones receptoras, registro de cambios de estado y persistencia mediante el ORM, interactuando con los modelos. Cuando corresponde generar eventos de trazabilidad, orquesta con Blockchain Controller.
- **Usuarios View:** Expone los endpoints de registro/autenticación, gestión de perfiles y consulta de información del usuario. Atiende al frontend y delega en Usuarios Service.
- **Usuarios Service:** Gestiona la creación de cuentas, asociación de roles, validaciones de identidad y consistencia de datos de usuario. Persiste la información de los usuarios interactuando con el modelo CustomUser.
- **Organizaciones View:** Endpoints para crear y administrar organizaciones receptoras. Recibe solicitudes del frontend y las remite a Organizaciones Service.
- **Organizaciones Service:** Aplica reglas de negocio para el alta y la validación de organizaciones, mantiene relaciones con dispositivos asignados y persiste con el modelo correspondiente a Organizaciones.
- **Blockchain Controller:** Componente de orquestación dentro del módulo de gestión de donaciones. Expone los métodos internos que los Services invocan cuando deben registrar o consultar eventos de trazabilidad. Traduce casos de uso del dominio (p. ej., “dispositivo asignado”, “reacondicionado”, “entregado”) a llamadas hacia el Blockchain Service.
- **Blockchain Service:** Cliente HTTP del Servicio de trazabilidad en blockchain, desarrollado en Node.js. Construye las peticiones REST, adjunta datos necesarios y procesa respuestas. No contiene lógica de negocio, su responsabilidad es la comunicación con el servicio externo.

Diagrama de Código

El nivel de código del modelo C4 expone la estructura interna de las clases y funciones que conforman los módulos más relevantes de la plataforma. Este nivel se centra en el detalle

de los modelos de dominio definidos en Django, las funciones de negocio implementadas en los servicios, así como las utilidades específicas que permiten obtener la trazabilidad de los dispositivos con tecnologías complementarias como blockchain y códigos QR.

En primer lugar, los modelos de Django constituyen la base de persistencia de la aplicación. Cada entidad principal del dominio se representa como una clase que hereda de *models.Model* y define sus atributos mediante campos tipados («Django documentation» 2025). Django utiliza un ORM (Object-Relational Mapping) para mapear de manera automática las estructuras de una base de datos relacional hacia objetos dentro de un lenguaje de programación orientado a objetos. Su objetivo es reducir la brecha entre el modelo de datos y el modelo de programación, facilitando el acceso y persistencia de datos sin necesidad de escribir consultas SQL de bajo nivel (Fowler 2003a).

En el diagrama de código elaborado para Reconnecta, se especifica el modelo Device, que encapsula la información vinculada a cada dispositivo donado. Este modelo incluye datos como el nombre, tipo, descripción y estado. El campo `device_public_id` genera un identificador único para la construcción de la URL pública asociada al código QR.

En la capa de negocio se encuentran los servicios, que encapsulan las reglas y procesos para interactuar con los objetos. Por ejemplo, el `DeviceService` define métodos como `create_device()`, `assign_device()` o `update_device_state()`. Estos métodos aplican validaciones de negocio, invocan a los modelos para persistir cambios y, en los casos que requieren garantizar la trazabilidad, llaman al cliente de blockchain (`FabricGatewayClient`). Esta clase actúa como un adaptador que traduce las operaciones de alto nivel a invocaciones para interactuar con el servicio que maneja la conexión con el sistema de blockchain.

Por otra parte, se incluyen Views implementadas con Django REST Framework, que constituyen los endpoints expuestos al frontend. Estas vistas funcionan como controladores que reciben solicitudes HTTP, validan datos de entrada a través de serializers y delegan en los servicios para ejecutar la lógica de negocio.

La generación de códigos QR constituye un módulo de utilidad particular, implementado en la clase `QRGenerator`. Este módulo utiliza las bibliotecas de Python `qrcode` e `io` para producir códigos en dos formatos. En formato SVG para incrustar en páginas web, permitiendo escalabilidad sin pérdida de calidad, y PNG, que se emplea en la impresión de

etiquetas físicas adheridas a los dispositivos. La generación del QR se realiza en tiempo de ejecución, codificando la URL pública del dispositivo. Como el identificador del dispositivo no cambia, siempre se generará el mismo QR. Esta URL le dará acceso a los usuarios a visualizar el historial del dispositivo, consultado en blockchain.

Con el objetivo de respetar los principios de separación de responsabilidades, los modelos se ocupan de la persistencia y las reglas de integridad de datos; los servicios encapsulan la lógica de negocio y la interacción con sistemas externos como blockchain y las vistas actúan como interfaz entre el frontend y la capa de negocio. Esta organización del código se realizó con el objetivo de priorizar la mantenibilidad y escalabilidad de la plataforma.

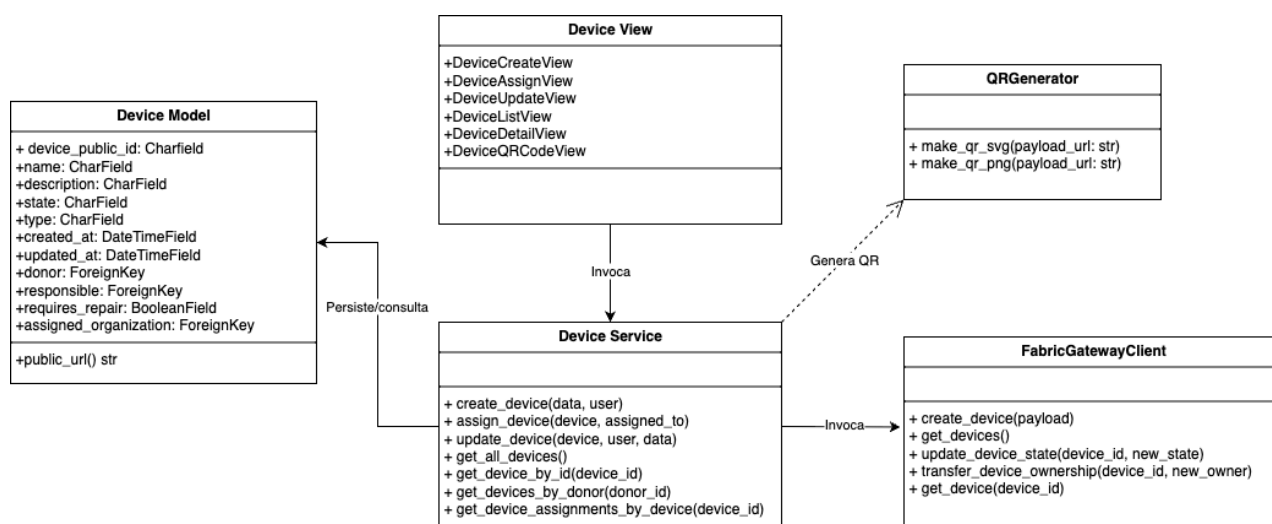


Figura 18. Diagrama de Código del módulo Device de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

3.2.6 Módulo de trazabilidad en Blockchain

A nivel general, una blockchain es un registro de transacciones inmutables, que se encuentra distribuido en una red de nodos. Cada uno de estos nodos, mantiene una copia de los registros en la cadena. Estos registros o transacciones se incorporan a la cadena luego de haber sido validadas por un protocolo de consenso y son agrupadas en bloques que incluyen un hash que vincula cada bloque con el anterior. La ventaja de esta descentralización es la inmutabilidad de la información, ya que cualquier intento de modificar un bloque implicaría alterar toda la cadena posterior, lo cual resulta computacionalmente inviable (Narayanan et al. 2016).

Las redes blockchain como Bitcoin o Ethereum, son redes públicas. Esto implica que las redes son abiertas al público y los participantes interactúan de forma anónima. Sin embargo, en ámbitos empresariales, se tienen ciertos requerimientos que imposibilitan el uso de una red pública, como la necesidad de garantizar que los participantes sean identificables. Además, se necesita baja latencia en la confirmación de las operaciones y alto rendimiento en el procesamiento de transacciones. Por último, también se requiere asegurar privacidad y confidencialidad en las transacciones y en los datos de negocio (Androulaki et al. 2018).

Por las razones mencionadas anteriormente y, teniendo en cuenta las características de Reconecta, se optó por utilizar una red blockchain privada *permissioned* como Hyperledger Fabric. Las ventajas de la aplicación de tecnología blockchain en Reconecta bajo este modelo son las siguientes:

- Cada etapa del ciclo de vida del dispositivo queda registrada en la blockchain, lo que permite a los usuarios consultar un historial verificable de las transacciones.
- Una vez que los registros son incorporados en la cadena, no pueden ser modificados o eliminados. Esto asegura que los datos sobre donaciones y trasposos no puedan ser alterados de manera malintencionada.
- Al tratarse de una red privada, únicamente los actores autorizados pueden participar, lo que garantiza un manejo seguro de la información sensible y mayor control de acceso.
- Los usuarios pueden verificar que los dispositivos efectivamente llegaron a la institución receptora o pasaron por procesos de reparación.

Hyperledger Fabric es una plataforma open-source, diseñada para contextos corporativos donde se requiere una red privada. Una de sus principales ventajas es que tiene una arquitectura modular y configurable. Fabric soporta smart contracts escritos en lenguajes de propósito general, como Java, Go y Node.js. Otra característica distintiva es el soporte para distintas opciones de protocolos de consenso, que permiten ajustar el nivel de tolerancia a fallos y optimizar el rendimiento según el contexto, sin necesidad de recurrir a criptomonedas o procesos de minería costosos (Androulaki et al. 2018).

En el marco de Hyperledger Fabric, Reconecta se estructura a partir de componentes específicos que permiten modelar y gestionar los procesos de donación de dispositivos electrónicos. Entre ellos se destacan la arquitectura de la red, los *assets*, el chaincode que define la lógica de negocio y los servicios que posibilitan la interacción con la red.

3.2.6.1 Arquitectura de la red

En el marco de Hyperledger Fabric, una red blockchain se construye a partir de la colaboración de múltiples organizaciones que acuerdan un conjunto de políticas y reglas para operar en conjunto. Tal como se observa en la Figura 19, cada organización aporta distintos componentes que en conjunto conforman la red: aplicaciones cliente (A1, A2), nodos *peer* (P1, P2), servicios de certificación (CA1, CA2) y un servicio de ordenamiento (O) provisto por otra organización (R0).

Los *peers* (P1, P2) son nodos que mantienen una copia del *ledger* (L1) y ejecutan el *chaincode* (CC1), registrando transacciones de manera inmutable. Por su parte, el servicio de ordenamiento (*ordering service*, O) es el encargado de establecer el orden global de las transacciones en el canal (C1), agrupándolas en bloques que luego se distribuyen a todos los *peers*. Cada organización también administra su propia autoridad certificadora (CA0, CA1, CA2), responsable de generar las identidades digitales que aseguran que solo entidades autorizadas puedan operar dentro de la red («Hyperledger Fabric Docs» 2025).

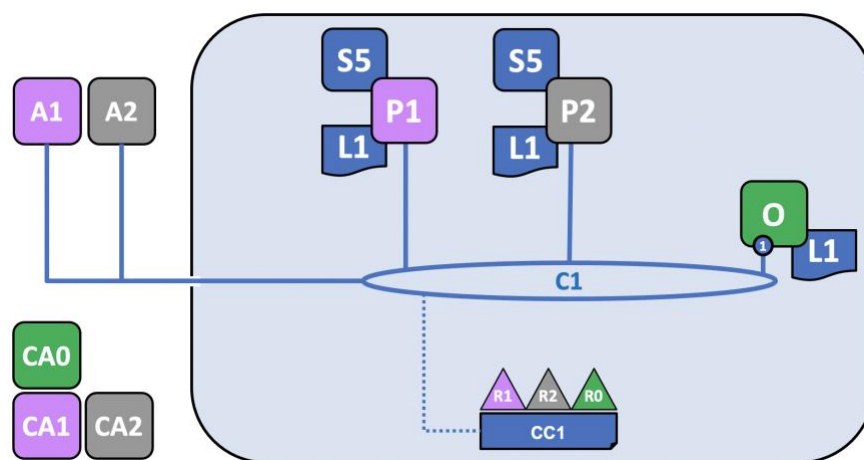


Figura 19. Estructura de referencia de Hyperledger Fabric. Fuente: («Hyperledger Fabric Docs» 2025)

De esta forma, los canales en Fabric son espacios de colaboración restringidos en los que participan solo aquellas organizaciones autorizadas, de acuerdo con políticas previamente acordadas. En el ejemplo de la Figura 19, las organizaciones R1 y R2 contribuyen con *peers* al canal C1, mientras que R0 provee el servicio de ordenamiento. De esta forma, cada organización conserva autonomía sobre sus componentes, pero participa de una misma red compartida bajo reglas comunes («Hyperledger Fabric Docs» 2025).

La red implementada en Reconecta se basa en la test-network provista por fabric-samples. Fabric-samples es el repositorio oficial de Hyperledger que contiene ejemplos, utilidades y redes de prueba destinadas a facilitar la instalación y configuración con Hyperledger Fabric. Dentro de este repositorio, la test-network constituye un entorno simplificado que permite desplegar una red blockchain funcional para propósitos de desarrollo. Esta red está compuesta por dos organizaciones (Org1 y Org2), cada una con un peer, un servicio de ordenamiento central (Orderer) y autoridades certificadoras independientes (CA) que gestionan las identidades y credenciales de los participantes.

La red de Reconecta se ejecuta sobre contenedores Docker, lo que permite encapsular cada componente (*peers*, *orderer*, *CAs*, *CLI*) en un entorno aislado y reproducible. De esta manera, el uso de contenedores facilita la portabilidad y asegura que la configuración sea idéntica en distintos entornos.

	Name	Container ID	Image	Port(s)	CPU (%)	Last started	Actions
<input type="checkbox"/>	compose	-	-	-	4.06%	2 minutes ago	Stop, Restart, Delete
<input type="checkbox"/>	ca_org2	6fce2196a44d	hyperledger/fabric-ca:latest	18054:18054	0%	2 minutes ago	Stop, Restart, Delete
<input type="checkbox"/>	ca_org1	f9444d020525	hyperledger/fabric-ca:latest	17054:17054	0%	2 minutes ago	Stop, Restart, Delete
<input type="checkbox"/>	ca_orderer	8eb5149b8903	hyperledger/fabric-ca:latest	19054:19054	0%	2 minutes ago	Stop, Restart, Delete
<input type="checkbox"/>	peer0.org2.example.com	6ec8f9f7e956	hyperledger/fabric-peer:latest	9051:9051	1.92%	2 minutes ago	Stop, Restart, Delete
<input type="checkbox"/>	orderer.example.com	9b49eaf43d5c	hyperledger/fabric-orderer:latest	7050:7050	0.13%	2 minutes ago	Stop, Restart, Delete
<input type="checkbox"/>	peer0.org1.example.com	9227322ff7fa	hyperledger/fabric-peer:latest	7051:7051	2.01%	2 minutes ago	Stop, Restart, Delete

Figura 20. Contenedores Docker desplegados al iniciar la test-network de *fabric-samples*.

Fuente: Elaboración propia.

En Fabric, las Autoridades Certificadoras (CAs) emiten certificados digitales X.509 que permiten identificar a los distintos componentes y usuarios de la red como pertenecientes a una organización determinada. Además, se utilizan para firmar digitalmente transacciones, constituyendo una condición necesaria para que una operación sea aceptada en blockchain.

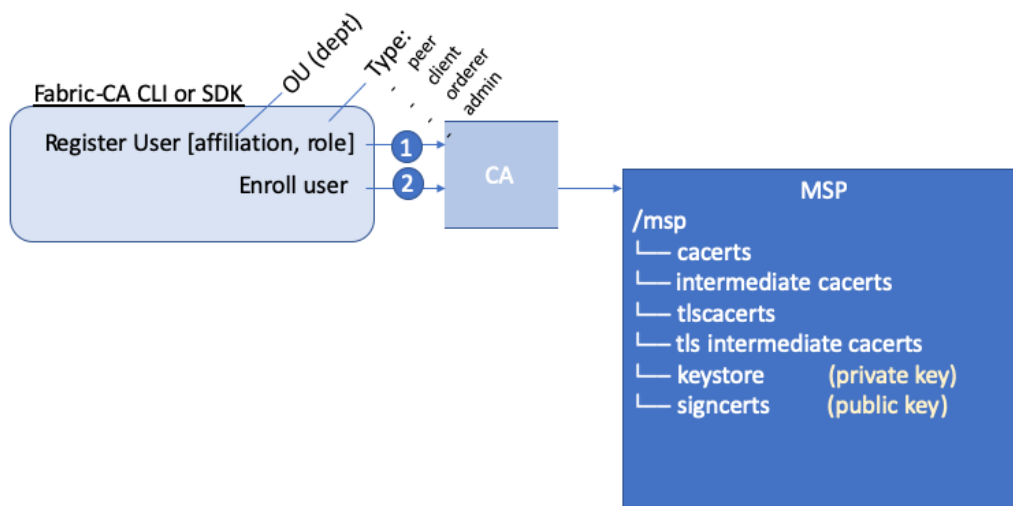


Figura 21. Proceso de registro y enrolamiento de identidades en Hyperledger Fabric. Fuente: («Hyperledger Fabric Docs» 2025)

La gestión de identidades se realiza mediante los Membership Services Providers (MSP). Estas son estructuras que vinculan una organización con su autoridad certificadora raíz y que, a su vez, permiten definir permisos y políticas dentro de un canal.

La Figura 21 ilustra el proceso de registro y enrolamiento de identidades en Fabric. En primer lugar, los usuarios o componentes (por ejemplo, peers, orderers o clientes) se registran en la Autoridad Certificadora indicando su afiliación y rol dentro de la organización.

Posteriormente, la CA emite un certificado digital X.509 que se incorpora a la estructura denominada Membership Service Provider (MSP). El MSP gestiona las claves y certificados asociados a cada identidad, garantizando que solo los participantes autorizados puedan interactuar con la red y que cada transacción pueda ser trazada hasta su emisor legítimo.

Una vez asegurada la identidad de los participantes, Fabric organiza la información transaccional en un ledger compuesto por dos elementos principales: el *world state* y *blockchain*. El *world state* almacena el estado actual de los activos en formato de pares clave-

valor, mientras que *blockchain* conserva un registro inmutable de todas las transacciones que llevaron a ese estado, agrupadas en bloques enlazados criptográficamente. Esto permite el fácil acceso al estado vigente de un activo y también garantiza la trazabilidad de su historial («Hyperledger Fabric Docs» 2025).

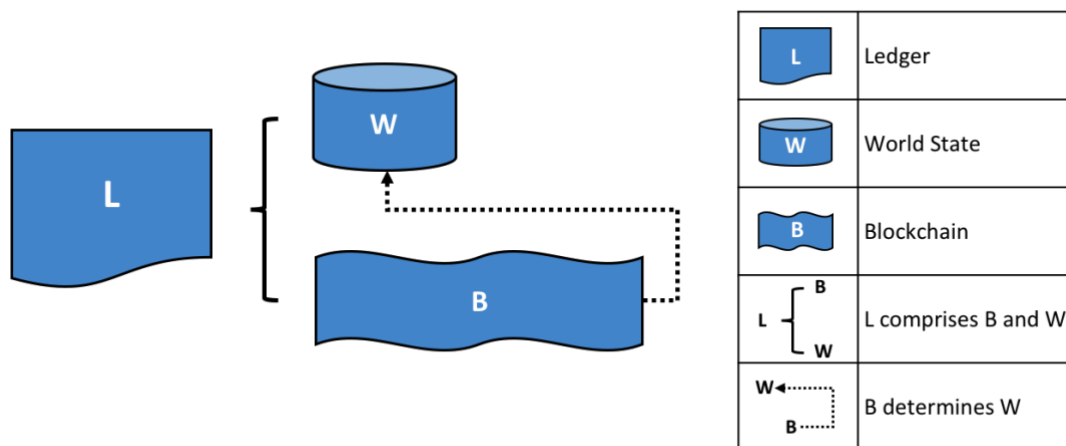


Figura 22. El *ledger* (L) en Hyperledger Fabric se compone de *blockchain* (B) y la *world state* (W). Fuente: («Hyperledger Fabric Docs» 2025)

En cuanto al mecanismo de consenso entre nodos, Fabric separa este proceso en tres fases (Androulaki et al. 2018):

- **Endorsement:** Cuando un cliente propone una transacción, esta debe ser enviada a los *peers* encargados, previamente definidos en la *endorsement policy* del chaincode. Cada peer simula la ejecución de la transacción contra su ledger y devuelve una respuesta firmada. El cliente reúne las firmas necesarias antes de avanzar al siguiente paso. Este modelo se denomina *execute-order-validate*, ya que la ejecución preliminar ocurre antes de ordenar las transacciones.
- **Ordering:** El servicio de ordenamiento recibe las propuestas y se encarga de establecer un orden cronológico único para toda la red. A diferencia de los peers, el orderer no ejecuta la lógica de negocio ni valida las transacciones, únicamente agrupa las propuestas en bloques. Fabric permite distintos mecanismos de

consenso para el ordenamiento, entre ellos *Solo* (para pruebas), *Kafka* y *Raft*, un protocolo de consenso tolerante a fallas bizantinas parciales .

- **Validation y Commit:** Una vez creado un bloque, este es distribuido a todos los peers. Cada peer valida las transacciones que contiene, verificando dos condiciones. Primero, que se cumpla con la *endorsement policy* configurada para ese *chaincode*. Además, que no existan conflictos de concurrencia mediante el control de versiones. Solo las transacciones válidas se agregan finalmente al ledger de cada peer.

3.2.6.2 Assets

En Hyperledger Fabric, los assets representan cualquier objeto de valor que deba ser gestionado dentro de la red, ya sea tangible o intangible. Estos activos se modelan como pares clave-valor, y sus modificaciones se registran en el *ledger* a través de transacciones ejecutadas por el *chaincode*. En el contexto de Reconecta, los assets corresponden a los dispositivos electrónicos donados, cuyos atributos se actualizan a lo largo de su ciclo de vida, asegurando que cada cambio quede registrado de forma inmutable en blockchain. A continuación, se presenta el fragmento de código correspondiente al archivo *device.ts*, donde se define el asset Device utilizado en Reconecta.

```

export type DeviceState = 'pending' | 'assigned_to_repair' | 'repaired' | 'delivered' | 'non_repairable';
export type DeviceType = 'laptop' | 'desktop' | 'tablet' | 'smartphone' | 'other';

@Object()
export class Device {
  @Property()
  public docType: string = 'reconecta.device';

  @Property()
  public ID: string = '';

  @Property()
  public public_id: string = '';

  @Property()
  public name?: string;

  @Property()
  public description?: string;

  @Property()
  public state: DeviceState = 'pending';

  @Property()
  public type: DeviceType = 'other';

  @Property()
  public created_at: string = '';

  @Property()
  public updated_at: string = '';

  @Property()
  public donor: string = '';

  @Property()
  public responsible?: string;

  @Property()
  public requires_repair: boolean = false;

  @Property()
  public assigned_organization?: string;

  @Property()
  public history: Movement[] = [];
}

```

Figura 23. Definición del Asset Device para el chaincode de Reconecta.

3.2.6.3 Chaincode

El chaincode en Hyperledger Fabric corresponde a la lógica de negocio de la red. Se trata de un programa que define tanto los *assets* como las instrucciones de transacción necesarias para crearlos, consultarlos o modificarlos. El chaincode regula las reglas que determinan cómo se pueden leer o alterar los pares clave-valor almacenados en la base de datos de estado de la red.

Cuando una aplicación cliente envía una propuesta de transacción, esta activa una función del chaincode, la cual se ejecuta sobre el estado vigente del ledger. El resultado de dicha ejecución genera un conjunto de operaciones de escritura (write set) que, tras ser validadas y ordenadas, se aplican en todos los peers de la red. De esta manera, el chaincode asegura que la lógica de negocio sea ejecutada en todos los nodos participantes.

En el caso de Reconnecta, el chaincode fue desarrollado en TypeScript, aprovechando el framework de smart contracts que provee Hyperledger Fabric. La elección de este lenguaje se justifica porque facilita la integración con el ecosistema de Node.js.

```

@Transaction()
public async TransferDevice(ctx: Context, id: string, newResponsible: string): Promise<void> {
    const deviceString = await this.ReadDevice(ctx, id);
    const device = JSON.parse(deviceString) as Device;

    const now = this.txTime(ctx);

    const oldResponsible = device.responsible;
    device.responsible = newResponsible;
    device.updated_at = now;

    device.history.push({
        event: `Transferencia de responsable de ${oldResponsible ?? 'ninguno'} a ${newResponsible}`,
        assigned_to: newResponsible,
        timestamp: now
    });

    await this.put(ctx, device);
}

```

Figura 24. Transacción *TransferDevice* definida en el chaincode de Reconnecta.

A continuación, en la Tabla VI se detallan todas las transacciones definidas en el chaincode.

Tabla VI: Operaciones definidas en el chaincode

Operación	Descripción
CreateDevice	Crea un nuevo dispositivo en el ledger con estado inicial pending. Valida que el tipo de dispositivo sea permitido y que el ID no exista previamente.
ReadDevice	Recupera la información completa de un dispositivo a partir de su identificador.
UpdateDeviceState	Actualiza el estado de un dispositivo (ej. pending → assigned_to_repair). Valida la transición de estados permitida e incorpora un registro en el historial.
TransferDevice	Cambia el responsable asignado a un dispositivo y agrega un movimiento en el historial que documenta la transferencia.
DeviceExists	Verifica si un dispositivo con un determinado ID existe en el ledger.

GetAllDevices	Devuelve un listado completo de todos los dispositivos registrados en el ledger.
GetDeviceHistory	Recupera el historial de cambios de un dispositivo, incluyendo estados, transferencias y eliminaciones, con sus respectivas marcas de tiempo.

3.2.6.4 Aplicación cliente

La aplicación cliente constituye el punto de interacción entre el backend de Reconecta y la red blockchain. Su función principal es actuar como intermediario entre la API desarrollada en Django y los chaincodes desplegados en Hyperledger Fabric, facilitando que las operaciones de alto nivel definidas en la plataforma (como registrar, transferir o actualizar dispositivos) se traduzcan en transacciones válidas sobre la red.

Para ello se implementó una API en Node.js con Express, que encapsula la lógica de conexión con Fabric Gateway y expone endpoints REST que pueden ser consumidos por otros módulos de la solución.

Tabla VII: Endpoints de la API Cliente.

Método	Ruta	Propósito	Operación de chaincode
GET	/devices	Listar todos los dispositivos registrados en el ledger.	GetAllDevices
POST	/devices	Crear un nuevo dispositivo con estado inicial pending.	CreateDevice
PUT	/devices/:id/state	Actualizar el estado del dispositivo (valida transición).	UpdateDeviceState
POST	/devices/:id/transfer	Transferir la responsabilidad del dispositivo a otro actor.	TransferDevice
GET	/devices/:id/history	Consultar el historial completo del dispositivo.	GetDeviceHistory

En la red de Reconecta, se utiliza gRPC (Google Remote Procedure Call), un framework de comunicación de alto rendimiento basado en el protocolo HTTP/2, diseñado para permitir la interacción eficiente entre servicios distribuidos («gRPC» 2025). Este mecanismo es utilizado por la Fabric Gateway para comunicarse con los nodos peer de la red blockchain. A través de gRPC, la aplicación cliente puede invocar funciones del *chaincode* de manera remota, enviando solicitudes a los peers y recibiendo respuestas estructuradas con baja latencia.

3.2.6.5 Hyperledger Explorer

Hyperledger Explorer es una herramienta open-source que permite visualizar y auditar la información almacenada en una red de Hyperledger Fabric. Su arquitectura se compone de una interfaz web que consume los servicios de un backend en Node.js, el cual se conecta a la red de Fabric a través de un *connection profile* que describe la topología de canales, peers, orderers y autoridades de certificación, así como las credenciales de acceso («Hyperledger Explorer Docs» 2025).

Para optimizar el rendimiento, Explorer no consulta la blockchain en cada operación, sino que ejecuta un proceso de sincronización que se encarga de descubrir la red mediante *Service Discovery*, recuperar los bloques y transacciones, y almacenarlos en una base de datos PostgreSQL. De este modo, la información persiste de forma indexada y puede ser consultada de manera eficiente por la interfaz. Una vez que el sincronizador actualiza la base, los datos se exponen al usuario mediante API REST y WebSockets, permitiendo visualizar en tiempo casi real la generación de bloques, el detalle de cada transacción, los chaincodes desplegados y el estado de los nodos participantes («AWS Database Blog» 2020). Su despliegue se realiza en contenedores Docker, lo que simplifica la instalación y permite integrarlo fácilmente a la infraestructura de la red.

En el marco del proyecto Reconecta, Hyperledger Explorer sirve como una herramienta en el proceso de desarrollo. Esto es porque cada vez que se registra un dispositivo o se actualiza su estado en la plataforma, la transacción correspondiente puede verificarse inmediatamente en Explorer como parte de un bloque inmutable.

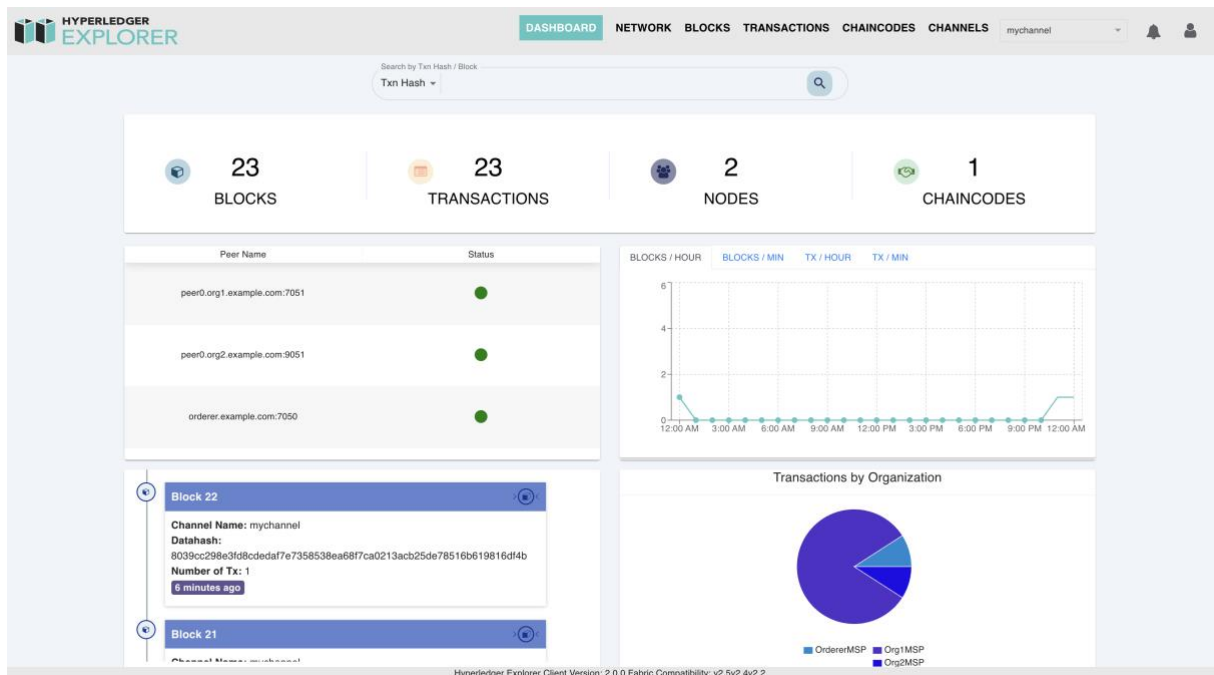


Figura 25. Dashboard principal de Hyperledger Explorer de la red Reconecta.

La Figura 25 muestra la interfaz principal de Hyperledger Explorer, desde la cual es posible auditar en tiempo real la actividad de la red de Hyperledger Fabric utilizada en Reconecta. En el panel superior se observan métricas como el número total de bloques generados, las transacciones procesadas, los nodos activos y el chaincode desplegado. En la sección central se listan los peers y el orderer que conforman la red, junto con su estado de conexión.

Asimismo, Explorer permite inspeccionar el detalle de cada bloque, incluyendo el canal al que pertenece, su hash, la cantidad de transacciones asociadas y la marca temporal de creación. Estos datos se complementan con gráficos que representan la distribución de transacciones por organización y la evolución temporal de la actividad de la red.

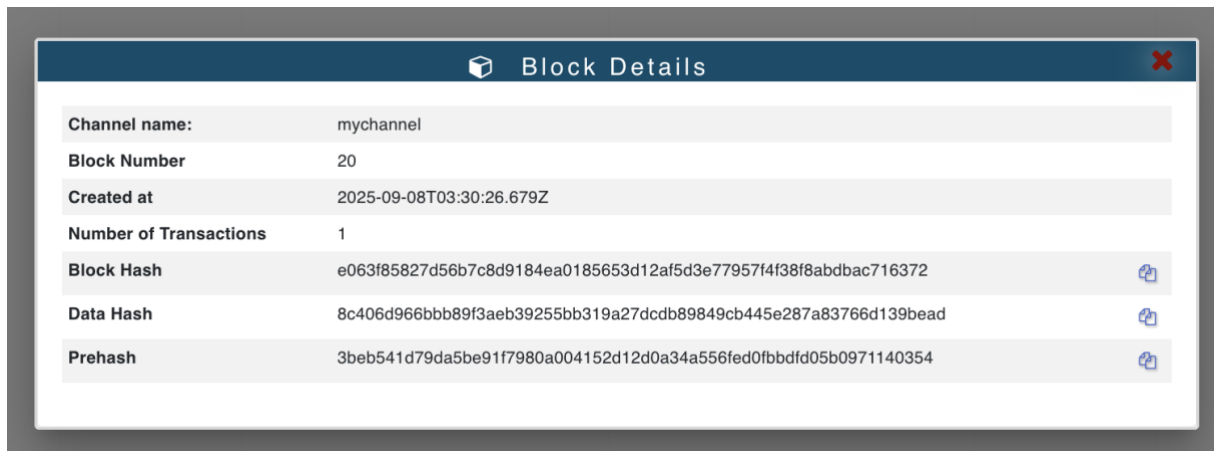


Figura 26. Visualización del detalle de un bloque en Hyperledger Explorer.

La Figura 26 presenta la ventana de Block Details en Hyperledger Explorer, donde se despliega información específica sobre un bloque de la red de Reconecta. En este caso, se trata del bloque número 20 del canal, generado en una fecha y hora determinada. El panel muestra la cantidad de transacciones incluidas en el bloque, el Block Hash que garantiza su unicidad, el Data Hash que resume el contenido del bloque y el Prehash correspondiente al bloque previo en la cadena. Estos identificadores criptográficos cumplen la función de enlazar los bloques entre sí, conformando la estructura inmutable propia de la blockchain.

La figura 27 muestra la vista de Transaction Details en Hyperledger Explorer, correspondiente a una transacción registrada en la red de Reconecta. En esta ventana se observa el identificador único de la transacción (Transaction ID), el estado de validación, el hash de la propuesta y la organización que la generó. Además, se indican los endorsers que validaron la operación, el chaincode invocado (en este caso, reconecta) y la marca temporal de ejecución.

La sección inferior presenta el detalle de lectura y escritura sobre el world state, donde puede verificarse la creación de un nuevo activo que representa un dispositivo donado, con sus atributos (tipo, nombre, descripción, estado y su historial inicial de eventos). Esta vista evidencia cómo la lógica de negocio definida en el chaincode se refleja directamente en el ledger, garantizando que cada acción realizada en la plataforma Reconecta quede almacenada de forma inmutable y sea auditable de manera transparente.

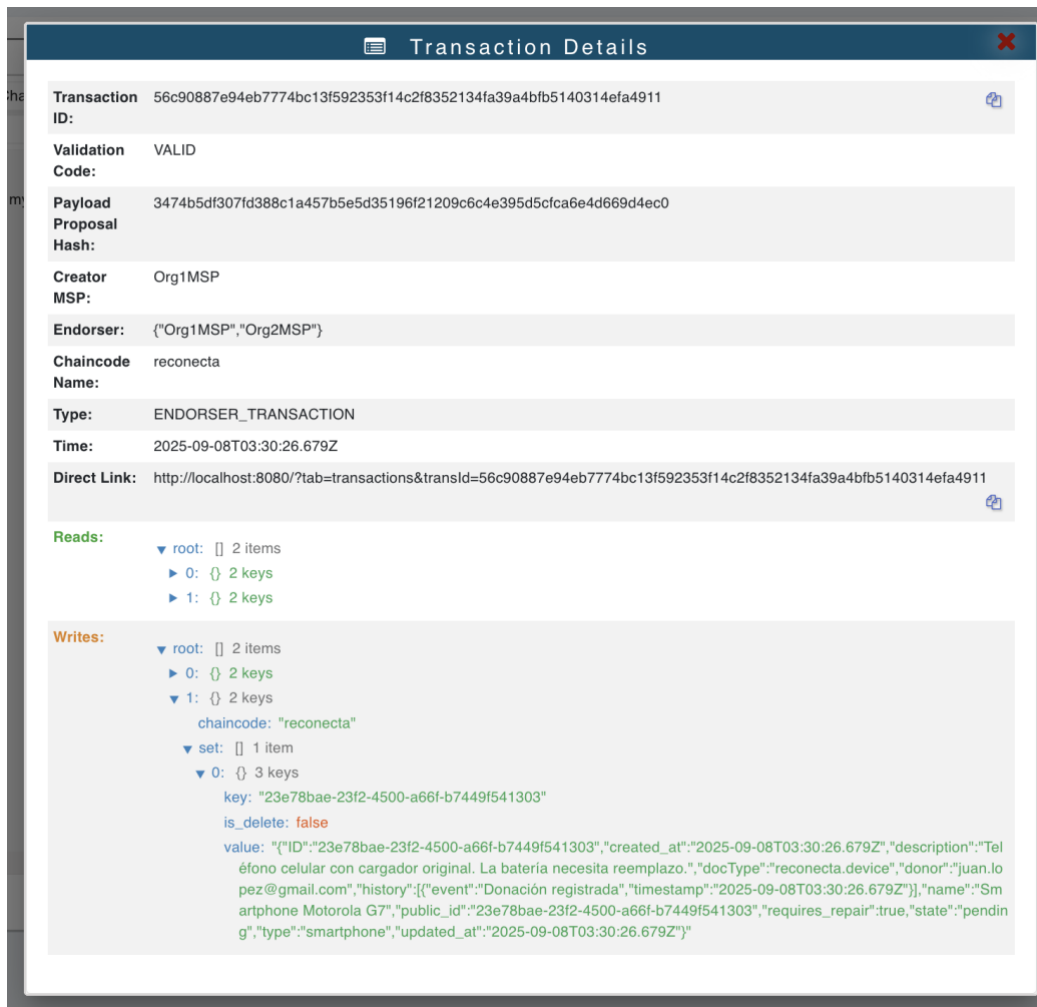


Figura 27. Detalle de una transacción en Hyperledger Explorer asociada al chaincode *reconecta*.

3.2.7 Módulo de gestión de donaciones

El módulo de gestión de donaciones constituye el núcleo funcional de la plataforma, ya que centraliza el ciclo de vida de los dispositivos electrónicos desde su publicación por parte de los donantes hasta su asignación a las organizaciones receptoras. Su propósito es garantizar que cada donación se gestione de manera trazable, alineándose con los objetivos del proyecto de reducir la brecha digital y promover el aprovechamiento responsable de la tecnología en desuso.

A continuación, se presentan los principales componentes que conforman el módulo de gestión de donaciones.

3.2.7.1 Diagrama de Entidad-Relación

Con el objetivo de representar la estructura lógica de la base de datos del sistema, se elaboró un Diagrama Entidad-Relación (DER). Este modelo permite identificar las entidades principales, los atributos que las describen y las relaciones existentes entre ellas (Elmasri y Navathe 2007).

En el diagrama se presentan las cinco entidades que constituyen el módulo de gestión de donaciones a nivel base de datos:

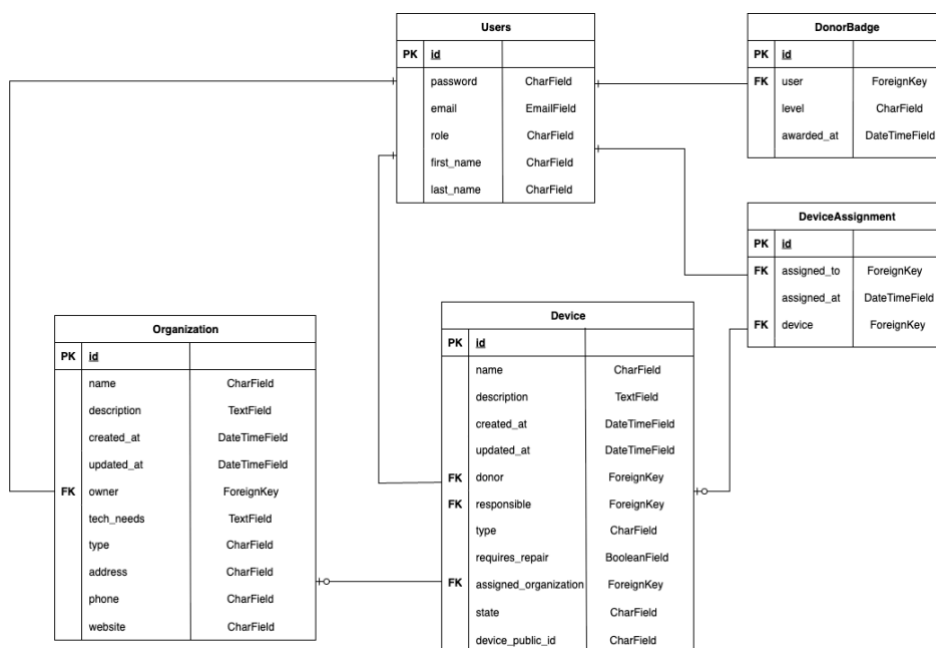


Figura 28. Diagrama Entidad-Relación de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

En este modelo se identifican cinco entidades principales: Users, Organization, Device, DeviceAssignment y DonorBadge. La entidad Users almacena la información básica de los usuarios de la plataforma, incluyendo credenciales, datos personales y el rol que cumplen dentro del sistema (donante, receptor o técnico).

La entidad Organization representa a las instituciones receptoras de dispositivos, registrando atributos relevantes como nombre, descripción, tipo, necesidades tecnológicas y datos de contacto, además de establecer una relación con un usuario que actúa como responsable.

La entidad Device constituye el núcleo del modelo, dado que concentra la información de cada dispositivo donado, incluyendo su descripción, tipo, estado, posibles requerimientos de reparación y referencias tanto al usuario donante como al responsable y la organización asignada.

Para preservar la trazabilidad de las entregas, se incorpora la entidad DeviceAssignment, que permite registrar de manera histórica cada evento de asignación de un dispositivo a una organización, junto con la fecha correspondiente.

Finalmente, la entidad DonorBadge materializa el sistema de recompensas de la plataforma, vinculando a los usuarios con distintivos simbólicos según su nivel de participación y la fecha en la que fueron otorgados.

3.2.7.2 Diagramas de secuencia

Con el objetivo de comunicar la lógica de negocio que implementa el módulo de gestión de donaciones se busca representar en diagramas como los datos se transforman y fluyen a través de las interacciones de los usuarios con el sistema.

Los diagramas de secuencia son un tipo de diagrama perteneciente al Lenguaje Unificado de Modelado (UML) que permiten representar la interacción entre objetos o componentes del sistema a lo largo del tiempo. Su utilidad radica en mostrar cómo se coordinan los mensajes y eventos en un caso de uso específico, enfatizando el orden temporal en que ocurren y la colaboración entre los participantes del proceso (Booch 2005). En este sentido, los diagramas de secuencia ofrecen una representación que complementa al DER, al mostrar la coordinación entre componentes internos y los actores del sistema durante la ejecución de los principales casos de uso en la plataforma.

En la Figura 29 se muestra el diagrama de secuencia correspondiente al caso de uso de publicar un dispositivo en Reconecta. Secuencialmente, el flujo principal comienza con el cliente realizando una solicitud HTTP POST a `api/devices/create/` con el cuerpo que describe el dispositivo a registrar.

Una vez que Device View recibe la petición, realiza la validación de datos y delega la operación a la capa de negocio invocando `create_device(body)` en el servicio correspondiente. En el service se inicia la lógica transaccional de la operación: se construye la entidad de dominio

y se persiste mediante el ORM. Además, aplica las reglas de dominio, como valores permitidos de estado/tipo, relaciones con usuario donante, etc.

Con el dispositivo ya persistido, el servicio compone el payload de trazabilidad y solicita su registro en el Blockchain Controller. El Blockchain Controller orquesta el envío del evento a la infraestructura de blockchain, recibe la confirmación de la transacción y retorna una respuesta al servicio. De acuerdo con ese resultado, Device Service consolida la operación del registro del dispositivo. Finalmente, Device View compone la respuesta al cliente con el código adecuado (201 Created) y la representación del dispositivo recién creado.

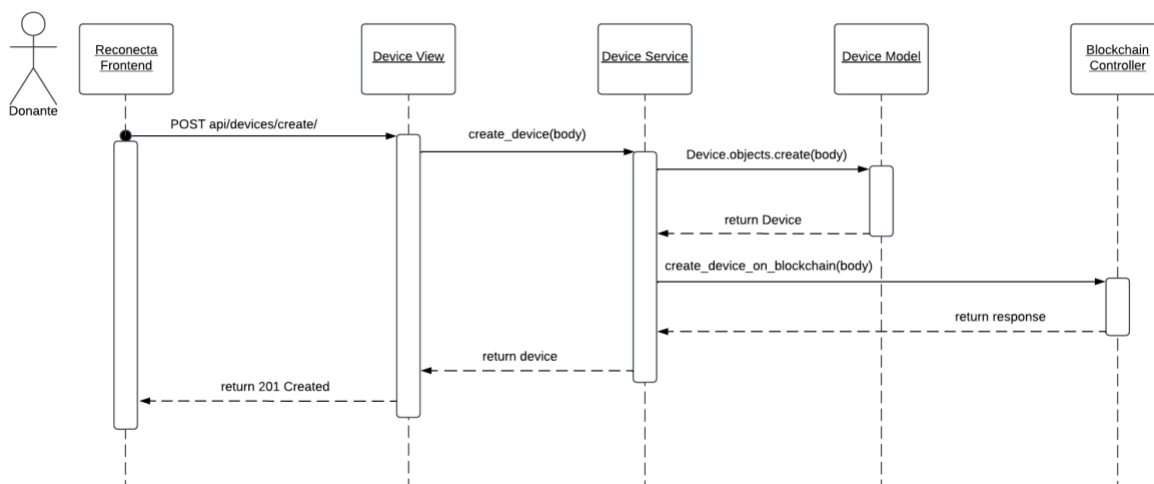


Figura 29. Diagrama de secuencia sobre la publicación de un dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

En la Figura 30 se describe el caso de uso mediante el cual el Frontend de Reconnecta solicita el código QR asociado a un dispositivo para su visualización o impresión.

Primero se emite una petición GET a `api/devices/qr/<id>`. La vista recibe la solicitud y extrae el identificador del dispositivo. A continuación, delega en la capa de negocio invocando `get_device_by_id(id)` en el Device Service, que centraliza la lógica de consulta. El servicio, a su vez, ejecuta la búsqueda en la base de datos utilizando el ORM. Si la entidad existe, el Device Service retorna a la vista el objeto Device recuperado.

Una vez que se tienen los datos del dispositivo, la vista obtiene su URL pública y solicita la generación del QR en tiempo de ejecución invocando la función correspondiente del QR

Generator. Este crea el código QR empleando las rutinas de la librería qrcode para codificar el *payload* (la URL pública), y devuelve un buffer binario SVG.

Finalmente, la Device View compone la respuesta HTTP hacia el Frontend con código 200 OK y el cuerpo binario del SVG, estableciendo explícitamente la cabecera Content-Type: *image/svg+xml*.

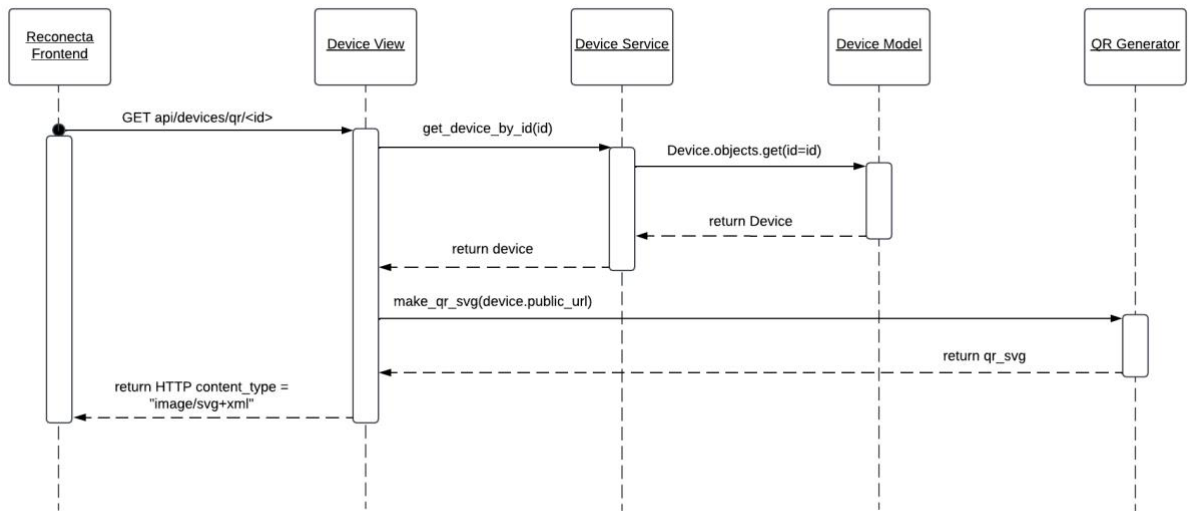


Figura 30. Diagrama de secuencia sobre la solicitud de obtener el QR asociado a un dispositivo.

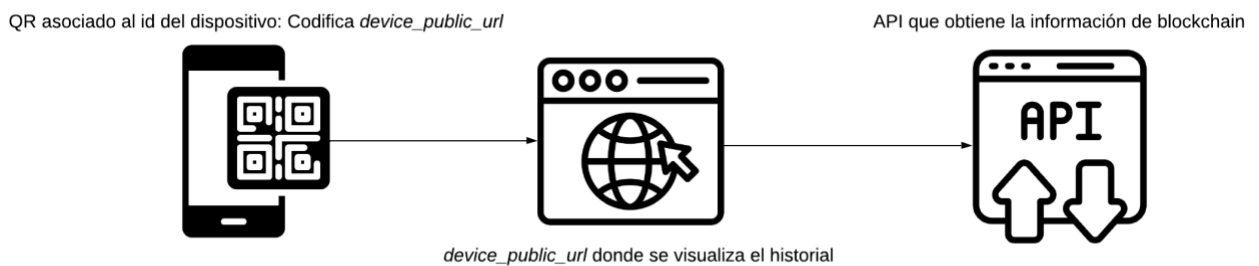


Figura 31. Lectura del código QR asociado a un dispositivo en Reconnecta.

Cuando un usuario escanea el código QR adherido a un dispositivo, no se accede de manera directa a la API del sistema, sino que se abre una URL pública del Frontend. Este diseño

tiene como finalidad desacoplar la interfaz de acceso de los servicios internos y tener un acceso controlado. De esta forma, el Frontend Reconecta gestiona la comunicación con la API, solicitando los datos registrados en blockchain mediante el endpoint correspondiente. El QR funciona como un punto de entrada sencillo y accesible para los usuarios, mientras que la obtención de la información se mantiene bajo el control de la plataforma.

El diagrama que representa la secuencia del código para obtener el historial del dispositivo desde blockchain con el QR asociado al dispositivo, se visualiza en la Figura 32. Como se menciona anteriormente, el QR codifica una URL pública del Frontend y, al abrirse esa ruta, se renderiza la vista del dispositivo. Como parte del ciclo de carga, se ejecuta una solicitud GET a la API de gestión de donación de dispositivos: GET /api/devices/blockchain/<public_id>.

Esa petición llega a la vista correspondiente, que valida el identificador público y delega la operación en el Controller Blockchain. Este construye el *payload* adecuado y llama al Blockchain Service para recuperar el historial de transacciones/estado asociado al public_id.

El Blockchain Service retorna la respuesta de la red; el Controller Blockchain la normaliza y devuelve a Device View un objeto device_history. Finalmente, Device View responde al Frontend con 200 OK y el historial del dispositivo, que la interfaz representa como línea de tiempo de trazabilidad.

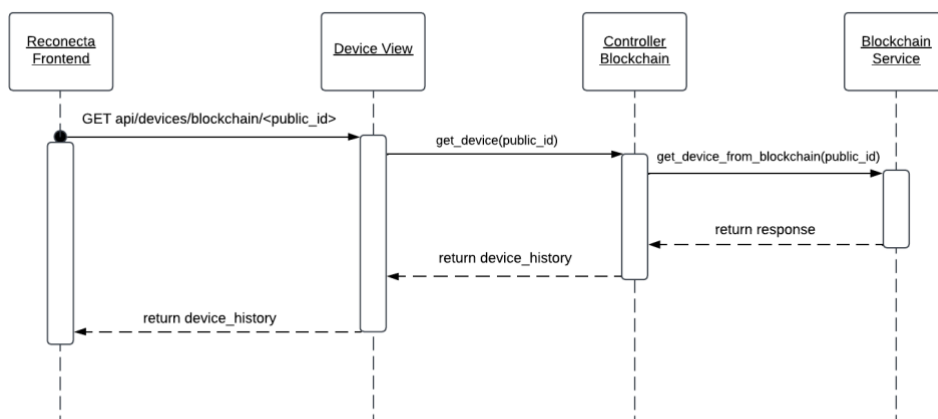


Figura 32. Diagrama de secuencia sobre la lectura de un código QR asociado a un dispositivo.

Fuente: Elaboración propia.

El diagrama en la Figura 33 modela el caso de uso “asignar dispositivo”, que puede ser iniciado por dos actores: (a) un técnico reacondicionador que se asigna un equipo para reparar, o (b) un receptor (organización) que confirma la recepción del equipo. En ambos escenarios, la operación impacta en el estado del dispositivo y se registra la trazabilidad en blockchain. El flujo es el siguiente:

1. El Frontend Reconecta invoca el endpoint de asignación `POST /api/devices/assign/<id>` con el contexto del usuario autenticado y el destino de la asignación.
2. La vista recibe la solicitud, valida parámetros y permisos, y delega en la capa de negocio llamando a `get_device_by_id(id)` en Device Service.
3. El service obtiene el dispositivo y, a partir del identificador de destino, recupera al asignatario a través del User Service, retornando una entidad `assigned_to`.
4. La vista invoca `assign_device(device, assigned_to)`, donde se ejecutan las reglas de negocio y la transacción de la operación.
5. Se registra la asignación y la actualización del estado del dispositivo en blockchain.

Para el caso de un usuario con rol “técnico reacondicionador”, el dispositivo debe estar registrado como pendiente de reparación para que se pueda confirmar la asignación. En este caso, el estado del dispositivo pasa a asignado a reparación.

En cambio, si el usuario que realiza la petición es un receptor, se registra la asignación a la organización receptora y se actualiza el estado a entregado. Solo se permitirá esta operación si el usuario no eligió a una organización receptora previamente. En caso de haberla elegido, solo se permitirá la entrega a la organización elegida por el usuario. De forma complementaria, el servicio actualiza reconocimientos al donante cuando finalmente es entregado el dispositivo.

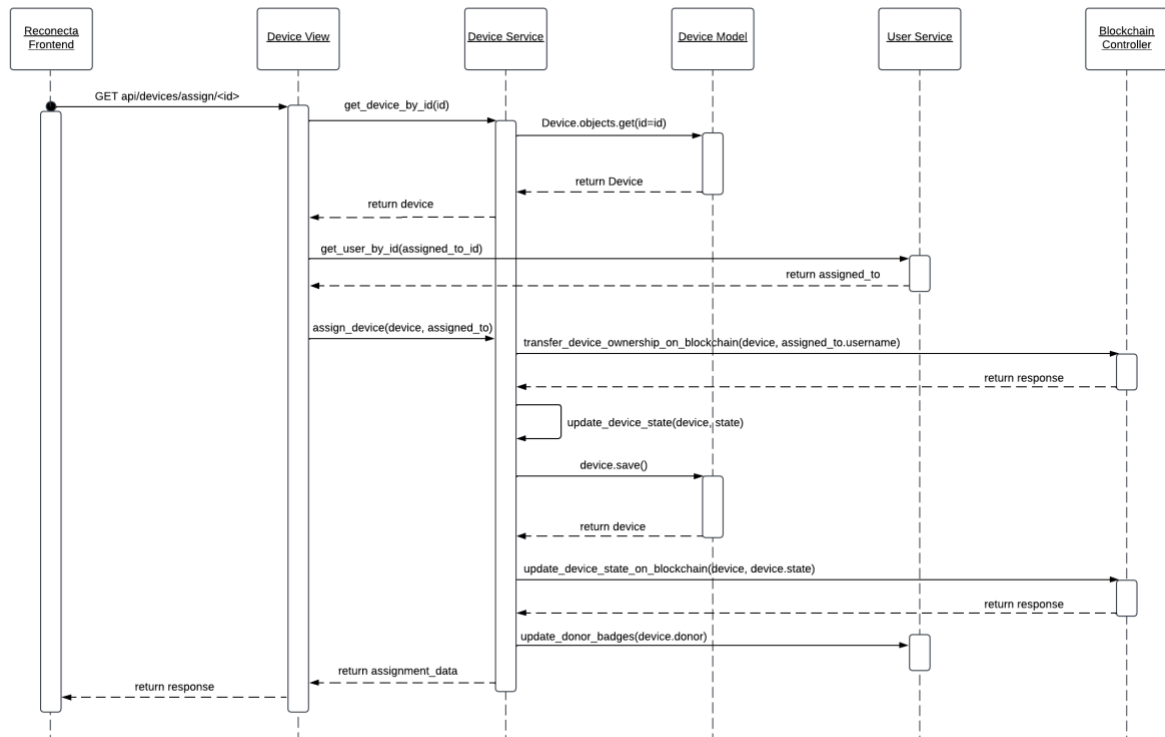


Figura 33. Diagrama de secuencia sobre la asignación de un dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

3.2.7.3 Estructura de la API

En el marco del framework Django, una *app* se define como un módulo independiente y reutilizable que encapsula una funcionalidad específica dentro de un proyecto mayor. Cada aplicación cuenta con su propia estructura de modelos, vistas, plantillas y controladores. Esto favorece la modularidad, la escalabilidad y la mantenibilidad del sistema. Según (Kaplan-Moss y Holovaty 2008), la filosofía del framework se basa en dividir el proyecto en aplicaciones desacopladas que puedan ser integradas de manera flexible para dar forma a soluciones más complejas.

Para Reconecta, se seleccionaron tres aplicaciones principales:

- Users: Destinada a la gestión de usuarios donantes y receptores.
- Devices: Administra el registro, la publicación y la trazabilidad de los dispositivos electrónicos.

- Organizations: Orientada a las instituciones sociales, educativas o comunitarias que reciben las donaciones.

Cabe destacar que el proyecto también incluye una carpeta dedicada a la integración con blockchain, donde se implementa la lógica necesaria para interactuar con la red de trazabilidad; sin embargo, este componente no se organiza como una aplicación de Django, sino como un módulo auxiliar especializado.

Las apps en Django se organizan bajo el patrón Model-View-Template (MVT). Esta arquitectura permite separar el dominio representado por los modelos, la lógica de aplicación y la presentación (Kaplan-Moss y Holovaty 2008). Esta organización modular por aplicaciones se relaciona con los principios SOLID, en especial el principio de responsabilidad única, al delimitar una única razón de cambio por aplicación, y el de inversión de dependencias, cuando se integran servicios externos mediante adaptadores o interfaces (Fowler 2003b).

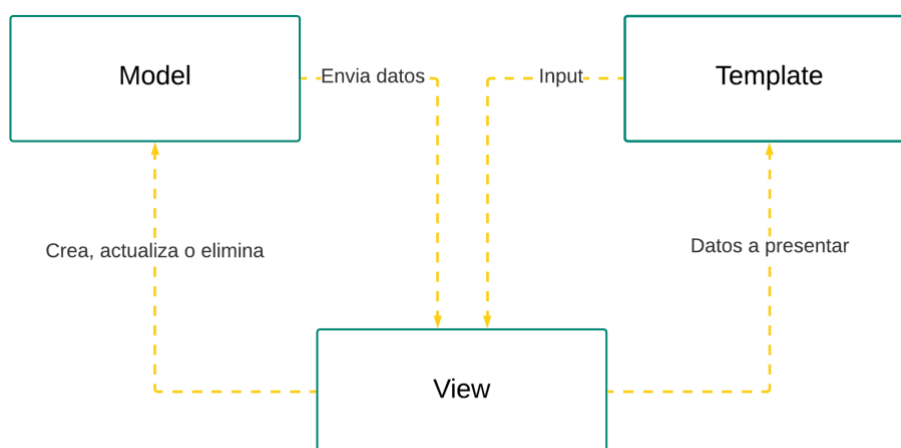


Figura 34. Patrón MVT utilizado por Django. Fuente: Elaboración propia.

3.2.8 Interfaz de usuario

La interfaz de usuario de Reconnecta se desarrolló sobre el framework Next.js, basado en React. Una de sus principales ventajas es la posibilidad de implementar componentes reutilizables, lo que facilita mantener coherencia en el diseño y optimizar tiempos de desarrollo.

Entre las características más relevantes de Next.js se encuentran:

- Diversas estrategias de renderizado: Next.js ofrece diversas estrategias de renderizado que pueden combinarse en una misma aplicación. Permite Static

Site Generation (SSG) donde el contenido se genera en tiempo de compilación (*build time*) y se sirve como HTML estático. También tiene la opción de utilizar Server-Side Rendering (SSR) donde las páginas se generan en cada solicitud en el servidor y se envían al cliente. Incremental Static Regeneration (ISR) permite actualizar páginas estáticas sin recompilar todo el sitio y Client-Side Rendering (CSR) que renderiza dinámicamente en el navegador a través de React. Por último, Edge Rendering procesa contenido en la red de distribución reduciendo la latencia. Esta flexibilidad permite adaptar cada sección de Reconecta según sus necesidades.

- Ruteo basado en archivos: Next.js implementa un sistema de ruteo automático en el que cada archivo dentro de la carpeta /pages se convierte en una ruta accesible en la aplicación. Esto simplifica la estructura y reduce la complejidad en la configuración, aportando claridad al proyecto.
- Optimización automática: Next.js ofrece de forma nativa optimización de recursos estáticos, como la carga de imágenes mediante el componente `<Image>`.
- Soporte para modo claro y oscuro: A través de librerías compatibles, como Material UI, Next.js facilita la implementación de temas dinámicos que permiten alternar entre *dark mode* y *light mode*, algo que se aprovechó en Reconecta para mejorar la accesibilidad y la personalización de la interfaz.

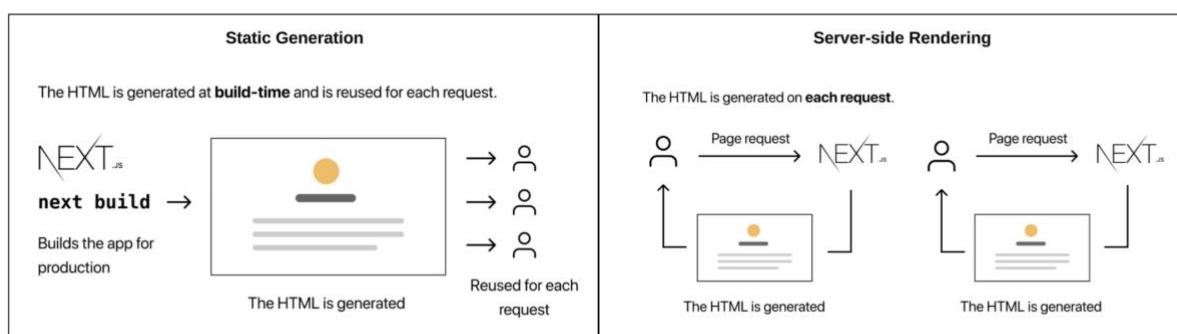


Figura 35. Comparación de estrategias SSG y SSR. Fuente: («Next.js Documentation» 2025)

Para el diseño visual de la plataforma Reconecta se empleó Material UI (MUI), una biblioteca de componentes de interfaz basada en los lineamientos de Material Design desarrollados por Google. MUI proporciona un conjunto de componentes predefinidos, como botones, formularios, menús, tablas, entre otros. Esto permite obtener consistencia visual y aumentar la usabilidad («MUI» 2025).

Una de sus principales ventajas es la personalización de temas, lo que permite adaptar colores, tipografías y estilos a la identidad visual de la marca. En el caso de Reconecta, esta funcionalidad fue fundamental para implementar el modo claro y modo oscuro, reforzando así la coherencia entre la identidad gráfica y la experiencia de usuario.

Además, MUI favorece la reutilización de componentes y la integración con el modelo de componentes de React/Next.js. Según la documentación oficial de Google («Google» 2025), los principios de Material Design buscan crear interfaces que sean intuitivas y consistentes.



Figura 36. Landing page de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

Con el objetivo de mejorar la usabilidad, la accesibilidad y el confort visual en distintos contextos de uso, se implementó un modo oscuro complementario al modo claro. La solución se basó en el sistema de theming de Material UI sobre Next.js, definiendo dos temas completos (light/dark) con paletas de colores consistentes. El *ThemeProvider* expone el tema activo a toda la jerarquía de componentes, y un toggle de interfaz permite alternar entre modos.



Figura 37. Landing Page de Reconecta en modo oscuro. Fuente: Elaboración propia.

Luego de la página de inicio, la plataforma permite explorar las organizaciones aliadas que reciben dispositivos. En esta sección, los usuarios pueden conocer a las instituciones beneficiarias, visualizar sus datos de contacto y acceder a sus sitios web. La presentación busca generar confianza y transparencia, mostrando quiénes son los receptores y desde cuándo participan de la iniciativa.



Figura 38. Página de organizaciones en Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

Asimismo, la interfaz ofrece un espacio de seguimiento personalizado de las donaciones. Cada usuario donante puede acceder a su panel para visualizar los dispositivos entregados, su estado actual y el historial de entrega. Esta funcionalidad resulta clave para reforzar la trazabilidad y garantizar que cada donación pueda ser verificada en tiempo real, alineándose con el objetivo central del proyecto de brindar confianza a los donantes y transparencia a todo el proceso.



Figura 39. Dashboard de seguimiento de donaciones del usuario donante. Fuente: Elaboración propia.

Además, la plataforma ofrece un módulo específico de detalles y seguimiento de cada dispositivo donado. Allí, el usuario puede acceder al código QR único generado para el equipo, el cual enlaza con toda la información registrada en blockchain. Tanto el donante como la organización receptora pueden verificar en cualquier momento la trazabilidad del dispositivo.

En ese mismo módulo, se presenta el historial completo del dispositivo, donde se visualizan todas las transacciones y cambios de estado que atravesó el equipo: desde la donación inicial, pasando por eventuales etapas de reparación, hasta la entrega final a la organización beneficiaria.

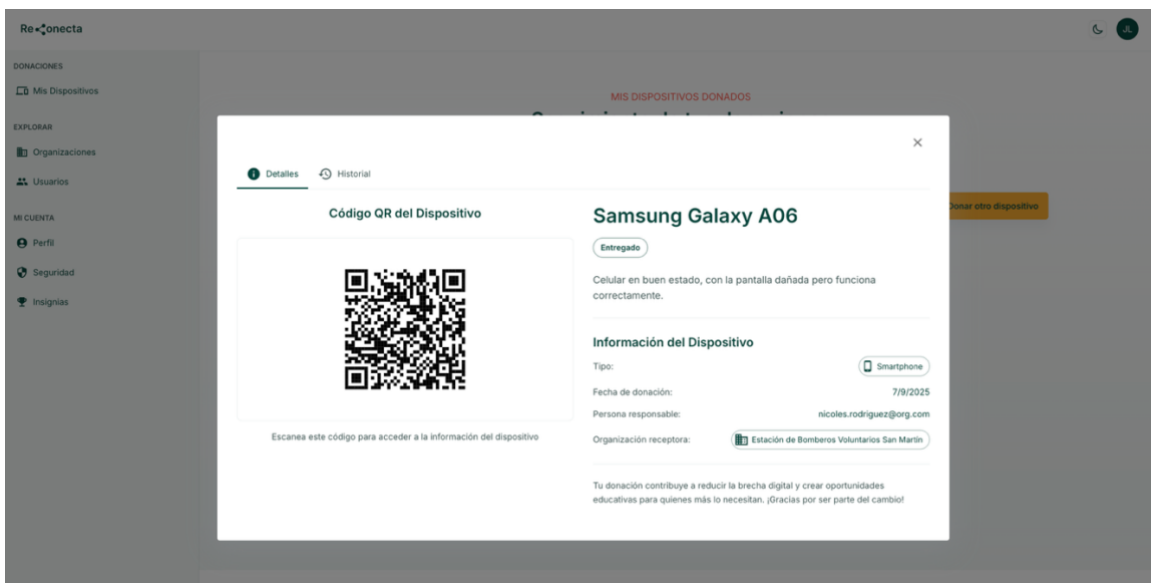


Figura 40. Vista de detalles del dispositivo donado. Fuente: Elaboración propia.

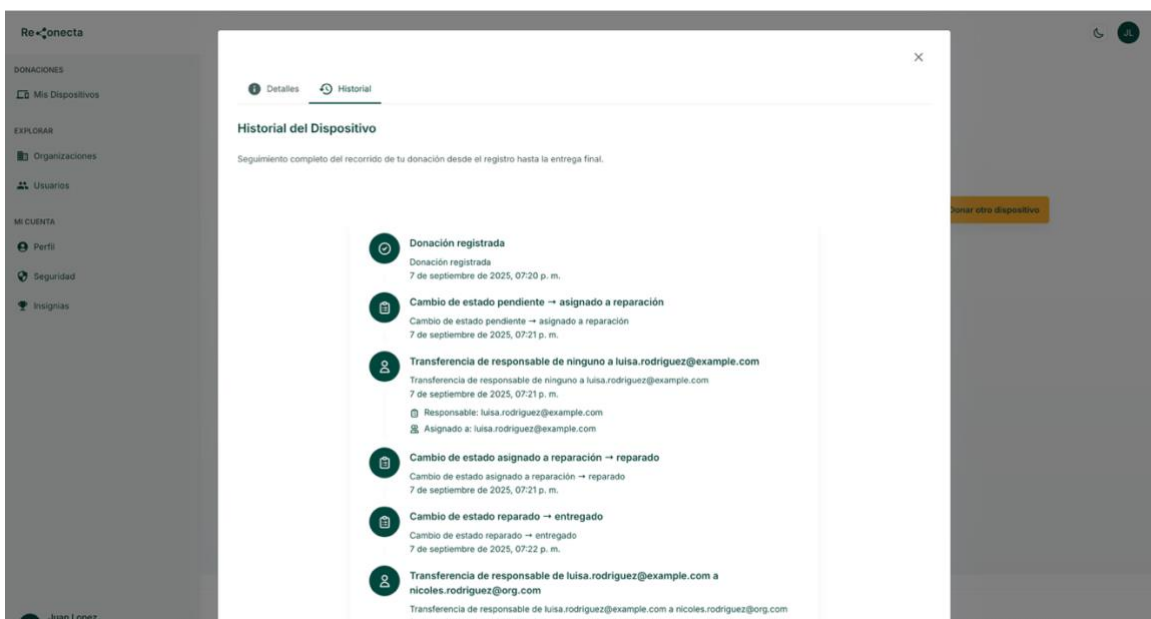


Figura 41. Vista del historial del dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

3.2.9 Despliegue de la aplicación

El despliegue de la plataforma Reconnecta se realizó mediante una arquitectura distribuida en la nube, priorizando la separación de responsabilidades y la facilidad de mantenimiento. Actualmente, considerando que la aplicación se encuentra en una etapa

temprana, se optó por una infraestructura híbrida que combina distintos servicios PaaS de bajo costo y rápida implementación.

La aplicación frontend se aloja en Vercel, plataforma PaaS orientada al despliegue y distribución de aplicaciones web. Vercel fue elegida para el despliegue del frontend desarrollado en Next.js, dado que esta plataforma está optimizada específicamente para este framework y permite un proceso de despliegue automatizado. Además, ofrece integración con repositorios Git, soporte para server-side rendering y static site generation. También ofrece una red de distribución de contenido (CDN) integrada que garantiza una entrega rápida de los recursos estáticos. La gestión de dominios, certificados SSL automáticos y balanceo global de carga son manejados por la propia plataforma, lo que simplifica la administración y mejora la experiencia del usuario final.

El servidor backend se despliega en Railway, servicio PaaS que permite la ejecución de aplicaciones Python y la integración con una base de datos PostgreSQL gestionada en la misma plataforma. Esta solución elimina la necesidad de configurar manualmente servidores o contenedores, reduciendo la carga operativa y los tiempos de despliegue. Asimismo, Railway provee integración continua con GitHub, lo que facilita la actualización automática del servicio ante nuevos commits, y cuenta con una capa gratuita suficiente para entornos de desarrollo o validación de prototipos. Estas características la convierten en una alternativa adecuada para proyectos en fase inicial. Por otro lado, la red blockchain se ejecuta en una instancia Amazon EC2. En este entorno se despliegan contenedores Docker que conforman la red privada de Hyperledger Fabric, incluyendo los peers, el orderer y las autoridades certificadoras.

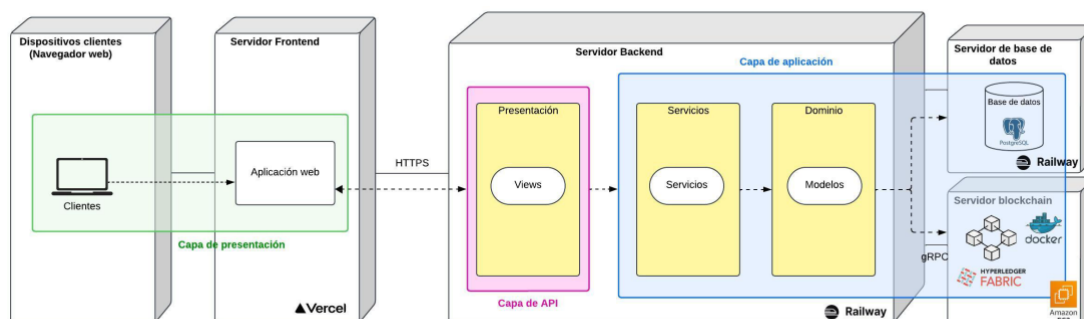


Figura 42. Vista de despliegue y lógica de la arquitectura de Reconecta. Fuente:

Elaboración propia.

La arquitectura adoptada se basa en un enfoque multicapa que permite separar las responsabilidades y mejorar la mantenibilidad del sistema. La capa de presentación busca garantizar una entrega rápida de la interfaz y una experiencia de usuario fluida. La capa de aplicación, en Railway, concentra la lógica de negocio y actúa como intermediaria entre la interfaz y los servicios de datos. Finalmente, la capa de datos y trazabilidad integra una base de datos relacional PostgreSQL y una red Hyperledger Fabric desplegada en Amazon EC2, que asegura la inmutabilidad de las transacciones.

La arquitectura mencionada anteriormente responde a la necesidad de priorizar la agilidad y la simplicidad durante el desarrollo. Sin embargo, para releases posteriores se prevé una migración hacia una infraestructura completamente alojada en AWS, con la arquitectura propuesta en la Figura 43.

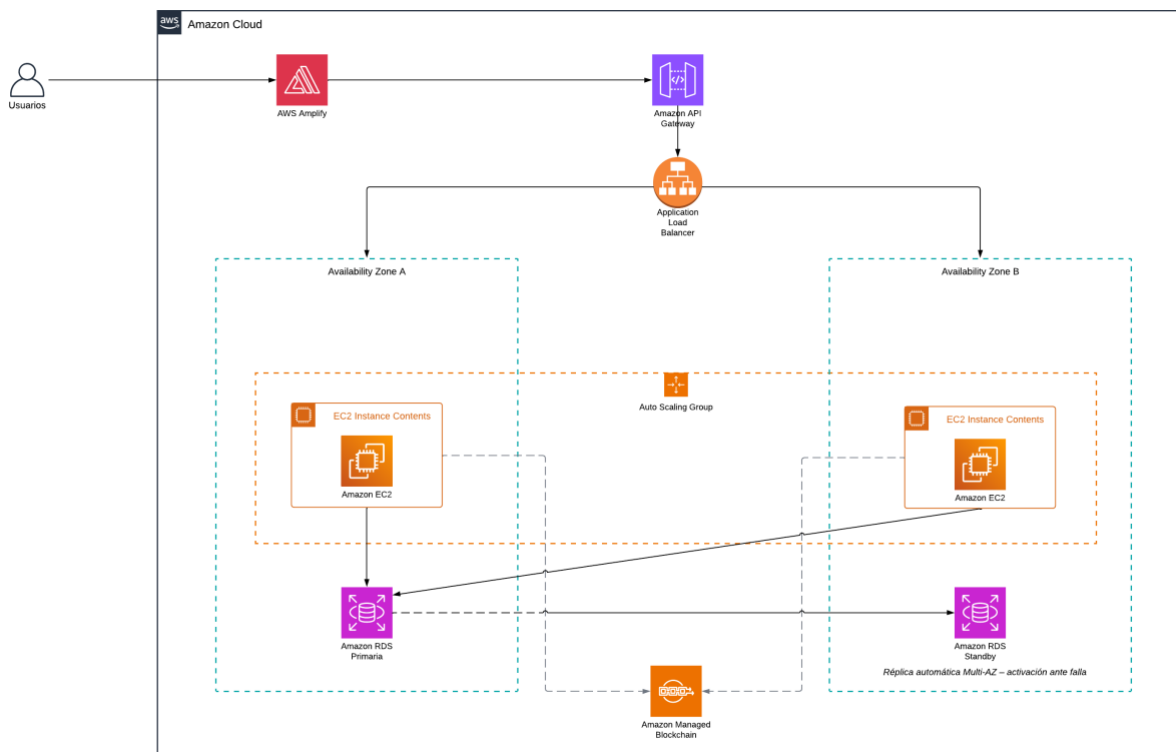


Figura 43. Diagrama de despliegue en AWS para Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

AWS Amplify gestiona el despliegue y distribución del sitio web. Las solicitudes de los usuarios se canalizan a través de Amazon API Gateway y un Application Load Balancer, que distribuye la carga entre las instancias EC2 del Auto Scaling Group, asegurando balanceo

dinámico y tolerancia a fallos. El backend se conecta a una base de datos Amazon RDS (PostgreSQL) configurada en modo Multi-AZ, con una instancia primaria y una réplica standby para recuperación automática ante fallas. En paralelo, las instancias EC2 se comunican con Amazon Managed Blockchain, servicio gestionado que aloja la red privada de Hyperledger Fabric.

3.2.9.1 Dominio y configuración

Para el acceso público a la plataforma, se registró el dominio www.reconectargentina.com.ar a través de NIC Argentina, en conformidad con las regulaciones nacionales para dominios “.ar”.

En la etapa de desarrollo, el dominio se configuró para redirigir el tráfico hacia el servicio Vercel, donde se aloja el frontend de la aplicación. El funcionamiento se basa en la configuración del Sistema de Nombres de Dominio (DNS). A través del panel de NIC Argentina, se definen los registros CNAME y A, que asocian el dominio a los servidores de Vercel. De esta forma, cuando un usuario ingresa la dirección web en su navegador, la solicitud DNS se resuelve automáticamente hacia los servidores de Vercel, los cuales entregan el contenido estático y dinámico del sitio web. Asimismo, Vercel gestiona de manera automática la emisión y renovación de certificados SSL/TLS, garantizando que todas las comunicaciones entre los usuarios y la aplicación se realicen bajo el protocolo seguro HTTPS.

En versiones futuras del despliegue, particularmente bajo una infraestructura totalmente integrada en AWS, se prevé que la gestión del dominio sea transferida a Amazon Route 53, manteniendo la misma dirección web pero centralizando la administración DNS dentro del ecosistema de servicios cloud.

3.3 Estrategia de Negocio

En la presente sección se detallan los aspectos financieros, comunicacionales y de posicionamiento institucional que permiten garantizar la sostenibilidad y el crecimiento sostenido del proyecto.

3.3.1 Marca

La construcción de una marca constituye un recurso estratégico que permite diferenciar un producto o servicio en un entorno competitivo y dotarlo de una identidad única. Como señalan (Kapferer 2012) y (Aaker 1996), la marca no se limita a un nombre o un logotipo, sino que representa un sistema de significados que transmite valores, propósito y confianza a los usuarios. En el caso de Reconecta, la marca busca posicionarse como una iniciativa socialmente innovadora, asociada a la inclusión digital y a la sostenibilidad ambiental, aspectos que deben reflejarse en su identidad visual y conceptual.

Los componentes gráficos, como el logotipo, isotipo y paleta cromática, son fundamentales para comunicar estos valores de manera clara. El diseño visual no solo favorece que los consumidores recuerden la marca, sino que también fortalece la percepción de legitimidad y transparencia. Estos aspectos son claves para una plataforma que se basa en la confianza de los donantes y receptores de tecnología. Según (Wheeler 2012), una identidad visual consistente amplifica la misión y facilita la conexión emocional con los públicos objetivo.

Junto con la dimensión visual, el análisis de la marca requiere una perspectiva jurídica vinculada al derecho marcario. El registro de la marca ante las autoridades competentes garantiza derechos exclusivos de uso y protección frente a terceros. En el caso de Reconecta, esta protección resulta indispensable, ya que la ausencia de un marco jurídico claro podría facilitar el uso indebido de la denominación por parte de terceros, generando confusión en los usuarios y afectando la confianza de quienes deciden donar dispositivos electrónicos. En este sentido, el resguardo legal de la marca no solo protege los signos distintivos, sino también la seguridad y la transparencia del proceso de donación. La doctrina argentina en materia de propiedad industrial sostiene que la protección marcaria no solo resguarda los signos distintivos frente al uso indebido, sino que también salvaguarda la reputación y la confianza que estos generan en el mercado (Otamendi 2022).

De este modo, en la presente sección se presenta el estudio de la marca Reconecta, integrando tanto el análisis de sus elementos gráficos como la evaluación de su disponibilidad y registrabilidad legal.

3.3.1.1 Nombre

El nombre Reconnecta fue elegido por su capacidad de transmitir el objetivo central del proyecto, que es volver a conectar personas, instituciones y comunidades con la tecnología. El prefijo *re-* alude a la idea de reutilizar, reacondicionar y redistribuir, conceptos centrales en el marco de la economía circular y la reducción de residuos electrónicos. Por su parte, el verbo *conectar* remite tanto al acceso a dispositivos como a la posibilidad de integrarse a la sociedad de la información, disminuyendo la brecha digital que afecta especialmente a los sectores más vulnerables. La marca aspira así a generar una identidad relacionada a aspectos sociales y solidarios, fácilmente recordable y connotada positivamente por los usuarios.

3.3.1.2 Isologo

El isologo es una forma de representación gráfica de la marca en la que el elemento tipográfico, es decir, el nombre, y el símbolo visual se encuentran fusionados en una única unidad indivisible. Su función principal es identificar y diferenciar un producto, servicio o institución en el mercado, transmitiendo su personalidad y valores a través de la integración simultánea de tipografías, colores y elementos icónicos. Esta fusión refuerza la identidad visual y otorga a la marca un carácter distintivo y fácilmente reconocible (Wheeler 2012).



Figura 44. Isologo de Reconnecta. Fuente: Elaboración propia.

El isologo de Reconnecta combina el componente tipográfico con un símbolo gráfico que reemplaza la letra “c”. Este recurso visual está conformado por tres nodos interconectados, evocando la imagen de una red. Se eligió este símbolo ya que remite directamente a los conceptos de conexión y colaboración, valores centrales del proyecto.

El isologo busca comunicar que Reconnecta no es únicamente un medio para donar tecnología, sino un espacio donde se construyen vínculos entre personas que donan y quienes reciben, o bien entre la tecnología y nuevas oportunidades sociales.



Figura 45. Isologo de Reconta en modo oscuro. Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.3 Isotipo

El isotipo es el signo gráfico que representa a una marca prescindiendo del uso de texto o tipografía, funcionando como un símbolo visual autónomo que facilita su identificación y recordación en diversos soportes.

Su valor radica en la capacidad de transmitir los valores y la identidad de la organización que representa. En el caso de Reconnecta, el isotipo está constituido por la letra “R” intervenida con un entramado de nodos y conexiones, evocando la imagen de una red.



Figura 46. Isotipo de Reconnecta. Fuente: Elaboración propia.

Este diseño, al igual que el isologo presentado anteriormente, simboliza la conexión entre personas, instituciones y comunidades que se produce a través de la donación de dispositivos. Asimismo, también representa la trazabilidad tecnológica que garantiza la plataforma mediante blockchain. De esta forma, el isotipo de Reconecta busca comunicar de manera visual y directa los principios de inclusión digital y sostenibilidad ambiental que inspiran al proyecto.



Figura 47. Isotipo de Reconecta en modo oscuro. Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.4 Paleta de colores

La paleta cromática principal de Reconecta se compone de cuatro colores que refuerzan su identidad visual y los valores que la marca busca transmitir.

El verde oscuro (#00473e) funciona como color institucional, asociado a la sostenibilidad ambiental y la confianza. El rojo coral (#fa5246) aporta energía y dinamismo, evocando el compromiso social y la acción solidaria que promueve la plataforma. El amarillo mostaza (#faae2b) transmite optimismo, innovación y oportunidad, representando la creación de nuevos vínculos y la prolongación de la vida útil de los dispositivos.

Finalmente, el verde claro casi blanco (#f2f7f5) cumple la función de tono neutro, aportando equilibrio visual. Esta paleta busca proyectar una imagen moderna, responsable y cercana, alineada con la misión de Reconecta de reducir la brecha digital y fomentar prácticas sostenibles.



Figura 48. Paleta de colores principal de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

La paleta cromática de Reconecta se adapta a dos modalidades de visualización: modo claro y modo oscuro. Esta decisión responde a criterios tanto estéticos como de experiencia de usuario, ya que permite garantizar la accesibilidad y la comodidad visual en distintos contextos de uso. Además, está organizada de manera jerárquica en torno a distintas categorías que permiten mantener la coherencia visual. Por cada color, se define en un sistema de variantes: light, main, dark y contrast.

El valor main constituye el tono principal de cada grupo, funcionando como el color representativo en botones, títulos o elementos centrales de interacción. La variante light ofrece una versión más clara que se utiliza en fondos, resaltes suaves o estados secundarios. En contrapartida, la variante dark intensifica la saturación del tono principal, siendo aplicada en hover states, énfasis visuales o secciones donde se requiere mayor peso cromático. Finalmente, la categoría contrast asegura la legibilidad al definir un color que contrasta fuertemente con el resto de la paleta (generalmente blanco o verde oscuro), pensado para textos y elementos que requieren máxima visibilidad.

En el modo claro, predominan fondos blancos y verdes claros que buscan transmitir sustentabilidad. Los colores primarios se utilizan para reforzar la identidad institucional en logotipos, títulos y botones principales. Los tonos secundarios, como el rojo coral (#fa5246), se utiliza para tener visibilidad en elementos de acción, mientras que el amarillo mostaza (#faae2b) complementa resaltando indicadores o íconos relevantes.



Figura 49. Sistema de colores del modo claro de la interfaz de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

Por su parte, el modo oscuro invierte la lógica cromática, empleando fondos en gamas de verdes oscuros, que reducen el brillo de la pantalla y favorecen la lectura en entornos de baja iluminación. En este esquema, el blanco y los tonos cálidos conservan su protagonismo en botones, alertas y elementos interactivos con el objetivo de preservar el contraste.

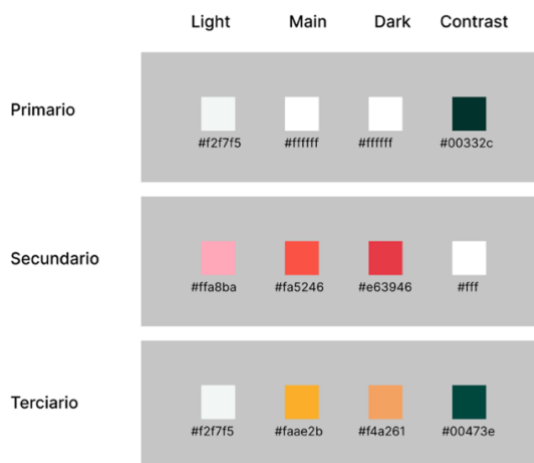


Figura 50. Sistema de colores del modo oscuro de la interfaz de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

3.3.1.5 Protección marcaria y análisis legal

El derecho marcario, rama de la propiedad industrial, regula la protección de los signos distintivos que permiten identificar y diferenciar productos o servicios en el mercado. En Argentina, este régimen está regulado principalmente por la Ley de Marcas y Designaciones N.º 22.362, cuyo artículo 1º establece que podrán registrarse como marcas “*todos los signos con capacidad suficiente para distinguir productos o servicios*”. La doctrina nacional enfatiza que la marca no solo cumple una función distintiva, sino también una función de garantía y confianza frente al consumidor, protegiéndolo contra riesgos de confusión o engaño (Otamendi 2022).

La autoridad competente en esta materia es el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI), organismo descentralizado dependiente de la Secretaría de Industria y Desarrollo Productivo de la Nación. El INPI es el encargado de administrar y otorgar los derechos de propiedad industrial en Argentina, incluyendo marcas, patentes, modelos y diseños industriales («INPI» 2019).

A nivel internacional, el sistema de clasificación utilizado para ordenar los registros es la Clasificación de Niza, adoptada por el Arreglo de Niza (1957) y administrada por la Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). Esta clasificación divide los productos y servicios en 45 clases, 34 para productos y 11 para servicios, facilitando la armonización de criterios a nivel global («OMPI» 2025).

En el caso de Reconecta, la protección marcaria adquiere una relevancia particular. Por esta razón, se optó por buscar asesoría jurídica sobre la disponibilidad de la marca.

El análisis de disponibilidad realizado por la abogada Dra. Daniela Belén Radozevich (matrícula Tomo XIII, Folio 282 C.A.Q.) confirma que la denominación “Reconecta” no se encuentra registrada en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial (INPI), lo que habilita avanzar con su registro. La recomendación consiste en efectuarlo en presentación mixta (denominación más isologo) y en dos clases de la Clasificación de Niza:

- Clase 42: Vinculada a servicios tecnológicos, software y blockchain (incluyendo subcategorías como plataformas en línea para la gestión de donaciones y servicios de trazabilidad digital).

- Clase 35: Relacionada con la gestión, coordinación y administración de donaciones e intermediación entre donantes y receptores.

El registro en estas clases otorga a Reconecta el derecho exclusivo de uso y protección frente a terceros que pudieran intentar utilizar signos similares en ámbitos relacionados. La ausencia de registro supondría un riesgo no solo para la identidad del proyecto, sino también para la confianza de los donantes y receptores, quienes podrían ser víctimas de confusión ante posibles imitaciones o usos indebidos en procesos de donación de dispositivos electrónicos.

Asimismo, como señala Radozevich en el informe elaborado para Reconecta, la marca constituye un activo en constante crecimiento: concentra reputación, valores y esfuerzo, y perderla implicaría un daño patrimonial y simbólico significativo, obligando incluso a modificar el nombre y reconstruir la identidad comunicacional. En este sentido, el registro marcario debe entenderse como una inversión estratégica para asegurar la sostenibilidad de Reconecta, consolidar su identidad en el ecosistema digital y brindar seguridad jurídica a todos los actores involucrados.

3.3.2 Modelo de negocio

En esta sección se presentará el modelo de negocio propuesto para Reconecta, con el objetivo de demostrar la viabilidad económica y la sustentabilidad a largo plazo del proyecto. Dado que la iniciativa busca generar un impacto social y ambiental positivo a través de la reducción de la brecha digital y la gestión responsable de residuos electrónicos, resulta fundamental definir cómo la plataforma puede sostenerse financieramente y, en etapas posteriores, incluso generar valor económico adicional.

3.3.2.1 Misión

La misión de Reconecta es disminuir la brecha digital en Argentina mediante la donación y reacondicionamiento de dispositivos electrónicos, promoviendo un impacto social y ambiental positivo a través de la trazabilidad transparente que ofrece la tecnología blockchain.

3.3.2.2 Visión

La visión de Reconecta es convertirse en la principal plataforma de referencia en Argentina para la inclusión digital y la gestión responsable de residuos electrónicos, consolidando un modelo sostenible y replicable en otros países de la región.

3.3.2.3 Valores

Los valores de Reconecta representan los principios que guían su accionar y reflejan el compromiso del proyecto con la sociedad y el medio ambiente. Son la base ética y estratégica que orienta tanto el desarrollo tecnológico como las relaciones con donantes, beneficiarios, empresas e instituciones aliadas:

- **Transparencia:** asegurar procesos trazables y verificables en cada donación.
- **Sustentabilidad:** promover la reutilización de equipos y la gestión responsable de los residuos electrónicos.
- **Colaboración:** fomentar alianzas con ciudadanos, empresas, instituciones educativas y demás para potenciar el impacto colectivo.
- **Innovación:** incorporar tecnologías emergentes para ofrecer soluciones confiables y escalables.
- **Tecnología con propósito:** concebir la tecnología como una herramienta para generar impacto social y ambiental positivo, aprovechando su potencial para reducir brechas y mejorar la calidad de vida.

3.3.2.4 Creación de la Persona Jurídica

Reconecta podría constituirse jurídicamente como una asociación civil en la Provincia de Buenos Aires, ya que se trata de una organización sin fines de lucro cuyo objeto principal es promover la inclusión digital y reducir el impacto ambiental de los residuos electrónicos. Según el Código Civil y Comercial de la Nación, las asociaciones civiles integran la categoría de personas jurídicas privadas (art. 148) y se regulan en los artículos 168 a 186. Estas normas establecen que la asociación debe perseguir fines de interés general o de bien común, sin que el lucro sea el objetivo principal ni el beneficio de individuos. Tal definición se adecua al

espíritu de Reconecta, que busca canalizar tecnología en desuso hacia escuelas, ONGs y comunidades en situación de vulnerabilidad, priorizando la sostenibilidad social y ambiental.

En el ámbito provincial, la Dirección Provincial de Personas Jurídicas regula la constitución de asociaciones civiles a través de un procedimiento formal que incluye la redacción de un Acta Constitutiva y un Estatuto Social mediante escritura pública. El estatuto debe contemplar elementos esenciales como la denominación social (con el aditamento “Asociación Civil”), domicilio en la Provincia de Buenos Aires, objeto social, patrimonio inicial, órganos de gobierno y control (Asamblea, Comisión Directiva y Comisión Revisora de Cuentas), así como el régimen de administración y el destino de los bienes en caso de disolución («DPPJ - Provincia de Buenos Aires» 2025). De este modo, Reconecta podría organizar su estructura institucional en torno a una Comisión Directiva integrada democráticamente, asegurando la participación de sus miembros y la transparencia en la gestión.

Además, la constitución como asociación civil permitiría a Reconecta acceder a beneficios legales y fiscales destinados a entidades sin fines de lucro, participar en convocatorias de financiamiento público o privado, y establecer convenios con empresas y organismos estatales en el marco de la Responsabilidad Social Empresaria (RSE) y la Responsabilidad Extendida del Productor (REP). También otorgaría legitimidad institucional frente a los usuarios y a la sociedad civil, fortaleciendo la confianza en el proyecto al estar amparado por un marco normativo claro y supervisado.

En este sentido, optar por la figura de asociación civil resulta más coherente que otras formas jurídicas, tales como fundación o sociedad comercial, ya que Reconecta no se plantea como un emprendimiento de capital privado ni como una entidad de propiedad individual, sino como una iniciativa comunitaria destinada al bien común, basada en la participación plural y en la gestión democrática de sus actividades.

3.3.2.5 Estrategia de sostenibilidad económica

Para garantizar la viabilidad y continuidad de Reconecta, el modelo de negocio combina tres mecanismos de financiamiento complementarios.

Empresas sponsors

En primer lugar, se contempla la participación de empresas sponsors, que aportan recursos financieros a cambio de visibilidad en la plataforma y la posibilidad de asociar su marca a una iniciativa de alto impacto social y ambiental. Este mecanismo se enmarca en las prácticas de Responsabilidad Social Empresaria (RSE) y en la Responsabilidad Extendida del Productor (REP), dos enfoques que promueven la corresponsabilidad de las empresas en la gestión de residuos y en la generación de valor social (Carroll y Shabana 2010).

En América Latina, estudios del BID (Banco Interamericano de Desarrollo) y de organismos del desarrollo han encontrado que las prácticas de RSE, cuando están bien integradas, no son percibidas como un costo sino como una inversión estratégica: mejoran la reputación de marca, producen diferenciación frente a competidores y fortalecen la legitimidad ante stakeholders (Ogliastri et al. 2007).

Según el reporte *Giving in Numbers 2024* de CECF, que analiza más de 600 empresas multinacionales, las organizaciones destinaron en promedio 0,92% de sus utilidades antes de impuestos a inversiones comunitarias, con el cuartil superior alcanzando el 2,2%, equivalentes a un gasto mediano de USD 22,9 millones por año en programas sociales, ambientales y educativos. Este tipo de aportes se canaliza principalmente a través de donaciones directas, fundaciones corporativas o contribuciones no monetarias, y responde a estrategias de largo plazo orientadas a fortalecer la reputación, la confianza de marca y la relación con las comunidades.

El informe destaca además que el 87% de las compañías poseen una declaración de propósito corporativo que guía sus decisiones de inversión social, evidenciando que la RSE y la REP se han consolidado como ejes estratégicos más que filantrópicos. En este contexto, el modelo de sponsors propuesto por Reconecta se alinea con esta tendencia. Las empresas ya disponen de presupuestos institucionales específicos para programas de impacto social, y buscan proyectos con trazabilidad y transparencia («CECF» 2024).

Crowdfunding

En segundo lugar, se implementan campañas de crowdfunding social, que canalizan donaciones de ciudadanos interesados en contribuir al reacondicionamiento de equipos

tecnológicos. El crowdfunding se define como un mecanismo de financiamiento colectivo basado en plataformas digitales que permite a un gran número de personas realizar aportes económicos para apoyar proyectos, iniciativas sociales o emprendimientos. A cambio de su contribución, los participantes pueden recibir una contraprestación simbólica, un producto/servicio, o simplemente la satisfacción de haber colaborado con una causa de interés común (Belleflamme et al. 2014). Este tipo de financiamiento colectivo se ha consolidado como una herramienta eficaz para sostener iniciativas sociales, ya que permite involucrar a la comunidad en procesos de innovación social y legitimar proyectos a través de la participación ciudadana.

Según (Hussain et al. 2023), el crowdfunding ayuda a los emprendedores sociales a superar barreras tradicionales de financiamiento y construir redes de apoyo desde el inicio de su actividad. Asimismo, investigaciones en el contexto de innovación sostenible muestran que el crowdfunding actúa como catalizador de iniciativas ambientales y sociales, al atraer capital para emprendimientos con impacto (Bongiorno et al. 2025).

El potencial del crowdfunding para movilizar grandes volúmenes de financiamiento queda demostrado en casos como el de la startup argentina Bluesmart, que logró recaudar más de USD 2 millones, gracias a las contribuciones de más de 10.000 personas de diferentes países. Este ejemplo evidencia cómo, incluso partiendo de aportes individuales relativamente pequeños, las campañas colectivas pueden alcanzar una escala global y reunir capital significativo en pocos meses («Santander X Explorer» 2023).

Alianzas con escuelas técnicas

Por último, el tercer componente de la estrategia de sostenibilidad económica de Reconecta consiste en la colaboración con escuelas técnicas que participan activamente en el proceso de reacondicionamiento de los dispositivos donados. Para las instituciones educativas esta colaboración puede materializarse a través de prácticas profesionalizantes, en las cuales estudiantes de informática, electrónica u otras especialidades aplican sus conocimientos técnicos en un entorno real de trabajo. Este esquema reduce los costos operativos del proyecto al contar con mano de obra calificada en formación, y por otro, brinda a los estudiantes una

oportunidad de formación práctica con impacto social, fortaleciendo sus competencias profesionales y su empleabilidad futura.

En el contexto argentino, la participación de escuelas técnicas en proyectos de reacondicionamiento de dispositivos electrónicos se sustenta principalmente en la Ley de Educación Técnico Profesional N.º 26.058, que promueve la articulación entre educación y mundo productivo mediante las Prácticas Profesionalizantes integradas al currículo. Estas prácticas, de carácter pedagógico y no laboral, permiten que los estudiantes desarrollen competencias técnicas en entornos reales de trabajo, en tanto constituyen parte del trayecto formativo obligatorio (artículos 15 y 16). Su implementación se encuentra reglamentada por normativas jurisdiccionales, entre ellas la Resolución 2343/2017 de la Provincia de Buenos Aires y la Disposición N.º 24/2020 de la Dirección Provincial de Educación Técnico Profesional de la Provincia de Buenos Aires. Estas establecen que las prácticas profesionalizantes pueden realizarse tanto en el ámbito interno de la institución educativa como en organizaciones, empresas u organismos externos que actúen como instituciones oferentes. Dicha disposición aclara, además, que estas prácticas pueden concebirse como proyectos externos orientados al desarrollo de un perfil profesional; como proyectos tecnológicos enfocados en la investigación, experimentación o mejora de bienes y servicios con relevancia social; o como proyectos de extensión diseñados para satisfacer necesidades comunitarias.

Existen experiencias similares desarrolladas en distintas provincias, por ejemplo en Catamarca la EPET N.º 7 colabora con el municipio en la reparación de equipos informáticos («Ministerio de Capital Humano» 2018). También existen los casos de Río Negro, donde escuelas técnicas de Bariloche llevan adelante talleres de reciclado electrónico junto a organismos ambientales («Gobierno de Río Negro» 2025); y en Salta, donde el programa RAEETÓN entrega equipos eléctricos y electrónicos a instituciones educativas técnicas para su reacondicionamiento y reutilización («Gobierno de la Provincia de Salta» 2025).

3.3.3 Business Model Canvas

Para analizar y estructurar el modelo de negocio de Reconecta se adopta la metodología Business Model Canvas propuesta por (Osterwalder y Pigneur 2010). Esta herramienta permite representar los principales bloques que componen un modelo de negocio: segmentos de

clientes, propuesta de valor, canales, relaciones, fuentes de ingreso, recursos clave, actividades clave, socios estratégicos y estructura de costos. El BMC es ampliamente utilizado por su capacidad de integrar, en un único marco conceptual, la lógica mediante la cual una organización crea, entrega y captura valor.

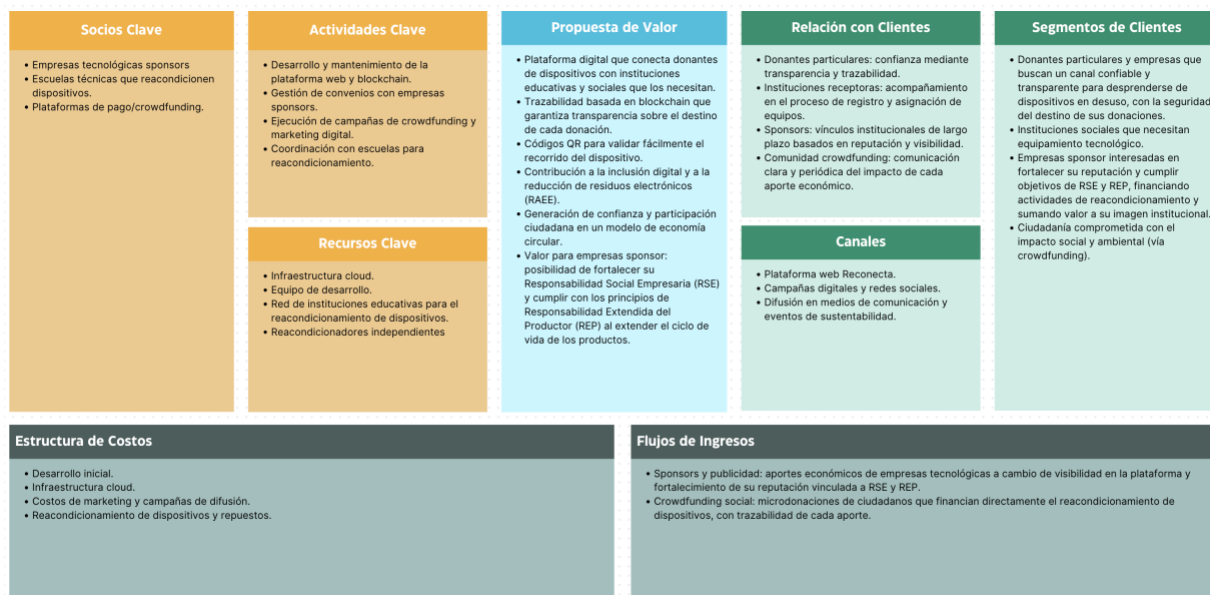


Figura 51. Business Model Canvas de Reconnecta. Fuente: Elaboración propia.

3.3.3.1 Propuesta de valor

La propuesta de valor de Reconnecta se centra en ofrecer una plataforma digital que actúe como un puente entre donantes de dispositivos electrónicos y las instituciones educativas y sociales que más los necesitan. A diferencia de los canales informales de donación o descarte, Reconnecta garantiza trazabilidad mediante el uso de tecnología blockchain, lo que permite verificar el recorrido completo de cada dispositivo y genera confianza tanto en los donantes como en los receptores. Asimismo, la implementación de códigos QR facilita el acceso a esta información, brindando una experiencia simple y accesible para la ciudadanía.

Además de su impacto social y ambiental, la iniciativa aporta un valor estratégico para las empresas sponsor, que pueden participar financiando procesos de reacondicionamiento o contribuyendo con equipamiento en desuso. Su involucramiento en Reconnecta les permite fortalecer sus políticas de Responsabilidad Social Empresaria (RSE) y cumplir con los

principios de Responsabilidad Extendida del Productor (REP), al extender el ciclo de vida de sus productos tecnológicos y reducir su huella ambiental.

Por último, la iniciativa contribuye a la reducción de la brecha digital y a la inclusión social, al mismo tiempo que promueve la disminución de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, en línea con los principios de la economía circular.

3.3.3.2 Segmentos de clientes

En el contexto del Business Model Canvas elaborado, el “Segmentos de Clientes” no debe entenderse en un sentido comercial estricto, dado que Reconnecta no busca vender productos ni servicios con fines de lucro. En este caso, el término refiere a los grupos de interés a los que la plataforma busca aportar valor. Dichos grupos incluyen tanto a quienes entregan recursos (dispositivos o financiamiento) como a quienes los reciben. En primer lugar, se encuentran los donantes particulares y empresas que buscan un canal confiable y transparente para desprenderse de equipos en desuso, con la seguridad del destino de sus donaciones. En segundo lugar, las instituciones sociales y educativas receptoras constituyen un grupo clave, dado que son las beneficiarias directas de los dispositivos reacondicionados, lo que les permite reducir la brecha digital y fortalecer sus capacidades tecnológicas.

Por otra parte, las empresas sponsor representan un segmento estratégico al aportar recursos económicos y respaldo institucional, motivadas por el interés de fortalecer su reputación y cumplir con compromisos ambientales y sociales. Finalmente, la ciudadanía comprometida, a través de mecanismos de crowdfunding, constituye un segmento que, mediante donaciones, financia de manera directa los procesos de reacondicionamiento, participando activamente en un modelo colaborativo de impacto social y ambiental.

3.3.3.3 Relación con clientes

La relación con clientes de Reconnecta se diseña en función de la diversidad de actores involucrados.

Con los donantes particulares, la prioridad es generar confianza mediante mecanismos de transparencia y trazabilidad, asegurando que cada dispositivo entregado pueda ser seguido a lo largo de su ciclo hasta llegar al destinatario final. En el caso de las instituciones receptoras,

la relación se basa en un acompañamiento durante el proceso de registro, validación de necesidades y asignación de equipos, garantizando que la entrega se ajuste a criterios de equidad y pertinencia.

Con respecto a las empresas sponsors, la relación se plantea en términos institucionales, construida sobre la base de la reputación, la visibilidad y el cumplimiento de objetivos sociales y ambientales.

Finalmente, con la comunidad de crowdfunding, la relación se apoya en una comunicación transparente y emocionalmente significativa, que destaque el impacto concreto de cada aporte económico mediante indicadores y testimonios de los beneficiarios, promoviendo así la continuidad del apoyo ciudadano.

3.3.3.4 Canales

La plataforma web constituye el canal principal, ya que concentra las funciones de registro de donantes, inscripción de instituciones receptoras, gestión de sponsors y seguimiento del recorrido de los dispositivos. En complemento, las campañas digitales en redes sociales también tienen un rol importante en cuanto a la captación tanto de donantes particulares como de aportantes vía crowdfunding.

Asimismo, la difusión en medios de comunicación y en eventos vinculados a la sustentabilidad y la economía circular permiten alcanzar a sponsors potenciales y organizaciones interesadas en participar.

3.3.3.5 Actividades clave

Las actividades clave de Reconecta se orientan a garantizar tanto la operatividad de la plataforma como la generación de impacto social y ambiental.

La primera actividad clave es el desarrollo y mantenimiento de la plataforma web y la infraestructura blockchain, ya que asegura la trazabilidad de las donaciones y la transparencia del proceso. A su vez, la gestión de convenios con empresas sponsors representa una actividad estratégica para sostener la viabilidad financiera del proyecto.

Otra actividad central es la ejecución de campañas de crowdfunding, que permiten captar aportes individuales y difundir la misión del proyecto en múltiples canales. Finalmente,

la coordinación con escuelas técnicas en el proceso de reacondicionamiento asegura que los dispositivos recuperen valor de uso, al tiempo que promueve la formación práctica de estudiantes y la participación de actores de la economía social.

3.3.3.6 Recursos clave

La infraestructura cloud constituye la base tecnológica sobre la cual se despliega la plataforma web y la red blockchain, asegurando escalabilidad, disponibilidad y seguridad en la gestión de datos. Otro recurso clave es el equipo de desarrollo, responsable de crear, mantener y optimizar la plataforma. La colaboración con sponsors que aportan financiamiento al proyecto también representa un recurso clave. Finalmente, la red de instituciones educativas dedicadas al reacondicionamiento.

El modelo también reconoce la necesidad de contar con usuarios reacondicionadores independientes, que pueden desempeñar un rol clave en situaciones donde la demanda de reacondicionamiento supere la capacidad de las instituciones educativas o cuando se requiera mayor especialización técnica. Si bien el objetivo inicial es reducir costos operativos a través de convenios educativos, el modelo contempla que, en determinadas circunstancias, será necesario destinar parte del presupuesto a la remuneración de reacondicionadores, reconociendo el valor de su trabajo y asegurando un estándar de calidad en los dispositivos entregados.

3.3.3.7 Socios clave

El modelo de Reconecta se apoya en una red de socios que garantizan la viabilidad técnica, económica y social del proyecto. En primer lugar, las empresas sponsors constituyen aliados estratégicos al aportar recursos financieros. En segundo lugar, las escuelas técnicas cumplen un rol esencial en el reacondicionamiento de los dispositivos, aportando capacidades técnicas, reduciendo costos operativos y favoreciendo la formación práctica de estudiantes en entornos reales de trabajo.

3.3.3.8 Flujos de ingresos

El modelo de Reconecta combina distintas fuentes de ingresos con el objetivo de asegurar la sostenibilidad financiera del proyecto. Una fuente de ingresos son los aportes mensuales de empresas sponsors, interesados en asociar su imagen a proyectos de responsabilidad social y ambiental. Para organizar esta estrategia, se plantea un esquema de niveles de sponsorío que permite diferenciar la magnitud del aporte económico y los beneficios obtenidos:

- Nivel básico: las empresas realizan un aporte reducido que les otorga presencia institucional en la plataforma, como mostrar su logo en la sección de aliados y campañas digitales. Este nivel está orientado a compañías que buscan iniciar su participación en proyectos de economía circular con una inversión accesible.
- Nivel estándar: implica un aporte intermedio que, además de la visibilidad digital, incorpora beneficios adicionales como la inclusión en campañas de comunicación conjuntas y la posibilidad de ofrecer vouchers de descuento a donantes de equipos. El beneficio de esto radica en que la empresa sponsor gana un cliente y el proyecto obtiene financiamiento.
- Nivel premium: corresponde a un aporte mayor, con beneficios exclusivos como la asociación de marca en campañas específicas, la emisión de certificados digitales de impacto que acrediten la participación empresarial y un rol destacado en eventos y actividades institucionales. Este nivel se orienta a compañías con políticas de sostenibilidad consolidadas que buscan maximizar el retorno reputacional de su participación.

A continuación, se detallan los precios propuestos para cada nivel de sponsor:

Tabla VIII: Precio mensual para cada nivel de sponsor. Fuente: Elaboración propia.

Plan	Descripción	Precio mensual
Nivel básico	Presencia institucional en la plataforma (logo en la sección de aliados y campañas digitales)	USD 250
Nivel estándar	Además de la visibilidad, incorpora beneficios adicionales como la inclusión en campañas de comunicación conjuntas y la posibilidad de ofrecer vouchers de descuento a donantes de equipos.	USD 350
Nivel premium	Beneficios exclusivos adicionales como la asociación de marca en campañas específicas, la emisión de certificados digitales de impacto que acrediten la participación empresarial y un rol destacado en eventos y actividades institucionales.	USD 750

A modo de ejemplo, se ha elaborado un escenario estimativo para ilustrar el potencial del crowdfunding social como fuente de ingresos para Reconecta. Considerando un aporte promedio de USD 15 por donación, se proyectan tres posibles niveles de participación ciudadana: con 200, 500 y 1.000 donaciones.

Tabla IX: Ejemplos según cantidad de participantes en *crowdfunding*. Fuente: Elaboración propia.

Cantidad de donaciones	Total recaudado
200	USD 3.000
500	USD 7.500
1000	USD 15.000

3.3.3.9 Estructura de costos

En una primera instancia, el desarrollo inicial y la infraestructura cloud representan inversiones fundamentales para garantizar el funcionamiento de la plataforma. A ello se suman los costos de marketing, necesarios para atraer donantes, sponsors y aportantes vía crowdfunding, asegurando la visibilidad del proyecto en múltiples canales. Finalmente, el reacondicionamiento de dispositivos y la adquisición de repuestos constituyen un componente variable que depende directamente del volumen de equipos recibidos.

Para optimizar esta partida, se plantea la adopción de un esquema de gestión de stock bajo la lógica “*just in time*”, en el cual los repuestos son adquiridos de acuerdo con la demanda real y en función de los equipos que ingresan al sistema. Esta metodología reduce la necesidad de almacenamiento, disminuye costos de inventario y evita la acumulación de componentes innecesarios. A su vez, el reacondicionamiento contempla la eventual remuneración de reacondicionadores independientes cuando las alianzas educativas no logren cubrir la demanda, lo que introduce un componente variable en los costos operativos.

Por un lado, los costos fijos incluyen los salarios del personal necesario para la operación de la organización, en un principio siendo estos empleados de media jornada. Además, se tiene el costo del dominio, los costos de marketing y la infraestructura AWS.

Tabla X: Costos fijos mensuales de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

Insumo	Descripción	Costo mensual
Sueldos y Cargas Sociales	Empleado administrativo, empleado de soporte técnico	USD 1.800
Honorarios contador	Honorarios contador de la organización	USD 250
Dominio	Registro dominio web	USD 2
Marketing	Costos de difusión	USD 150
Infraestructura AWS	Costos de la infraestructura en la nube	USD 190
Total:		\$ 2.392

El costo asignado al registro de dominio web responde al valor establecido por la Dirección Nacional del Registro de Dominios de Internet (NIC Argentina), organismo dependiente de la Secretaría de Innovación Pública. Según las tarifas vigentes publicadas por NIC.ar, el registro o renovación de un dominio bajo la extensión “.com.ar” tiene un costo anual de aproximadamente USD 17, lo que equivale alrededor de USD 2 mensuales al tipo de cambio promedio del año 2025. El monto proyectado de USD 150 mensuales es acorde con el estudio de («WebFX» 2025), en el cual se indica que un rango habitual para los negocios de pequeña a mediana escala en marketing digital se sitúa entre USD 50 y USD 6.000 mensuales (dependiendo del tamaño, alcance y los canales empleados). Esto implica que el presupuesto elegido se ubica dentro del extremo inferior del espectro, lo que es coherente para un proyecto temprano con recursos limitados pero con necesidad de visibilidad.

El costo de la infraestructura en la nube fue estimado mediante la herramienta oficial AWS Pricing Calculator, considerando los servicios requeridos para el despliegue del sistema. Se puede ver el detalle de los servicios y sus configuraciones en la Tabla XI.

Tabla XI: Costo mensual de la infraestructura AWS . Fuente: («AWS Pricing Calculator» 2025).

Servicio	Descripción	Costo mensual (USD)
Amazon EC2	Linux, 1 instancia, Clase t4g.large, Precio a demanda	\$ 44,15
Amazon RDS	Clase db.t4g.large, Precio a demanda	\$ 145,82
Total:		\$ 189,97

El costo correspondiente a honorarios contables e impositivos fue estimado sobre la base del presupuesto emitido por una Contadora Pública matriculada en la Provincia de Buenos Aires, considerando los servicios de liquidaciones mensuales y anuales, registraciones contables y confección de estados contables. De acuerdo con los valores profesionales vigentes y la complejidad de las tareas involucradas, se proyecta un gasto de aproximadamente USD 250 mensuales, lo cual se encuentra dentro de los rangos sugeridos por los consejos profesionales de ciencias económicas para servicios contables continuos en pequeñas organizaciones. Por su parte, el costo asignado a sueldos y cargas sociales fue calculado

conforme al Convenio Colectivo de Trabajo N.º 130/75 del Sindicato de Empleados de Comercio, que regula las remuneraciones mínimas del personal administrativo. Se prevé la contratación de dos empleados de media jornada, incluyendo las contribuciones patronales y aportes sindicales correspondientes, con un costo total estimado de USD 1.800 mensuales. Este valor refleja el costo integral del empleo formal, conforme a las escalas salariales vigentes y las obligaciones establecidas por la Ley de Contrato de Trabajo N.º 20.744 y la normativa de la Agencia de Recaudación y Control Aduanero (ARCA) en materia de seguridad social.

Por otra parte, los costos variables se encuentran directamente relacionados con el flujo de dispositivos recibidos y reacondicionados, con una estimación de que aproximadamente el 50% de los dispositivos requieren reparación.

Se estima que el 60% de estos dispositivos pueden ser reacondicionados en escuelas técnicas sin costo directo en salarios, mientras que el 40% restante requiere la intervención de reacondicionadores independientes, con un costo aproximado de USD 30 por equipo. Este valor promedio por dispositivo se fundamenta en un relevamiento de precios del mercado local, tomando como referencia los costos promedio de reparación publicados por Vida Informática, un portal argentino especializado en servicios técnicos. Según su listado actualizado de 2025, las tareas básicas de mantenimiento oscilan entre 25 y 40 USD por equipo («Listado de precios - Servicio técnico» 2025).

Se estima que aproximadamente el 10% de los dispositivos no sean reparables. En estos casos, se prioriza su desarme para la recuperación de componentes útiles que se incorporan como stock de insumos. Por esta razón, se estima que el 70% de los equipos para reacondicionar necesitan la compra de repuestos o insumos básicos, con un costo medio de USD 15, también resultante de los valores publicados en el portal mencionado anteriormente.

Tabla XII: Costos variable por unidad. Fuente: Elaboración propia.

Insumo	Unidad	Costo (USD)
Salario reacondicionadores	Por dispositivo	\$ 30
Repuestos e insumos	Por dispositivo	\$ 15

3.3.4 Análisis financiero

El análisis financiero del proyecto se orienta a evaluar su viabilidad económica a partir de indicadores clásicos de decisión de inversión: el Valor Actual Neto (VAN), la Tasa Interna de Retorno (TIR) y el payback.

El VAN consiste en el valor presente de los flujos netos de fondos generados por el proyecto, descontados a una tasa que refleja el costo de oportunidad del capital. Su fórmula es:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_t}{(1+r)^t} - I_0$$

Donde r es la tasa de descuento, t el período considerado, n el horizonte temporal, F_t es el flujo de caja para cada período y, por último, I_0 el valor de la inversión inicial realizada en el momento cero.

En el caso de Reconecta, el análisis del VAN debe interpretarse desde la lógica de una organización sin fines de lucro. En este tipo de entidades, las eventuales ganancias no se conciben como utilidades a repartir entre socios, sino como superávit operativo que se reinvierten en el propio proyecto para ampliar su alcance social y ambiental. De esta forma, un VAN positivo refleja la capacidad de la iniciativa de generar excedentes sostenibles que aseguren su continuidad y expansión. Dichos excedentes pueden destinarse, por ejemplo, a aumentar la cantidad de dispositivos reacondicionados, mejorar la infraestructura tecnológica, financiar campañas de concientización o fortalecer las alianzas con instituciones educativas.

La TIR es la tasa de descuento que hace que el VAN sea igual a cero, es decir, aquella que iguala el valor presente de los ingresos futuros con la inversión inicial. Este indicador permite medir la rentabilidad relativa del proyecto en forma de tasa porcentual, y resulta atractivo cuando supera la tasa de retorno exigida por los inversores.

Por último, el payback refleja el tiempo necesario para que los flujos netos acumulados cubran la inversión inicial. Aunque no considera el valor temporal del dinero, se utiliza como una medida práctica de liquidez y riesgo, ya que indica cuán rápido se recupera el capital invertido.

Para el cálculo de estos indicadores, se definieron las siguientes variables:

- I_0 (inversión inicial): USD 5.600.-
- n (período de tiempo): 5 años.
- i (costo de recursos o rendimiento mínimo aceptable): 15%

La tasa de descuento del 15% anual se adopta como referencia para la evaluación económica del proyecto, considerando tanto el riesgo asociado a emprendimientos tecnológicos en etapa inicial como el contexto macroeconómico argentino. Para la inversión inicial se tuvieron en cuenta los recursos necesarios para el primer año de desarrollo de la plataforma, los costos en marketing y costos administrativos como la constitución de la asociación civil y registro de marca. Se pueden ver estos valores detallados en el Anexo E.

En el análisis financiero se plantearon tres escenarios: pesimista, neutro y optimista. Todos los escenarios comparten una misma estructura de costos fijos, pero difieren en los costos variables. Estos últimos se incrementan en función de la cantidad de dispositivos recibidos y procesados en cada escenario. La lógica detrás de esta variación es que, a medida que la plataforma gane visibilidad y confianza, se espera un mayor volumen de donaciones. Esto conlleva mayores gastos en reacondicionadores independientes, repuestos e insumos. De este modo, el escenario optimista, si bien proyecta los ingresos más altos, también contempla un costo operativo mayor, ya que el volumen de equipos gestionados es superior al de los escenarios pesimista y neutro. Esta diferenciación permite estimar de manera más realista el crecimiento en ingresos por sponsors y crowdfunding, que viene acompañado de un incremento proporcional en los costos variables.

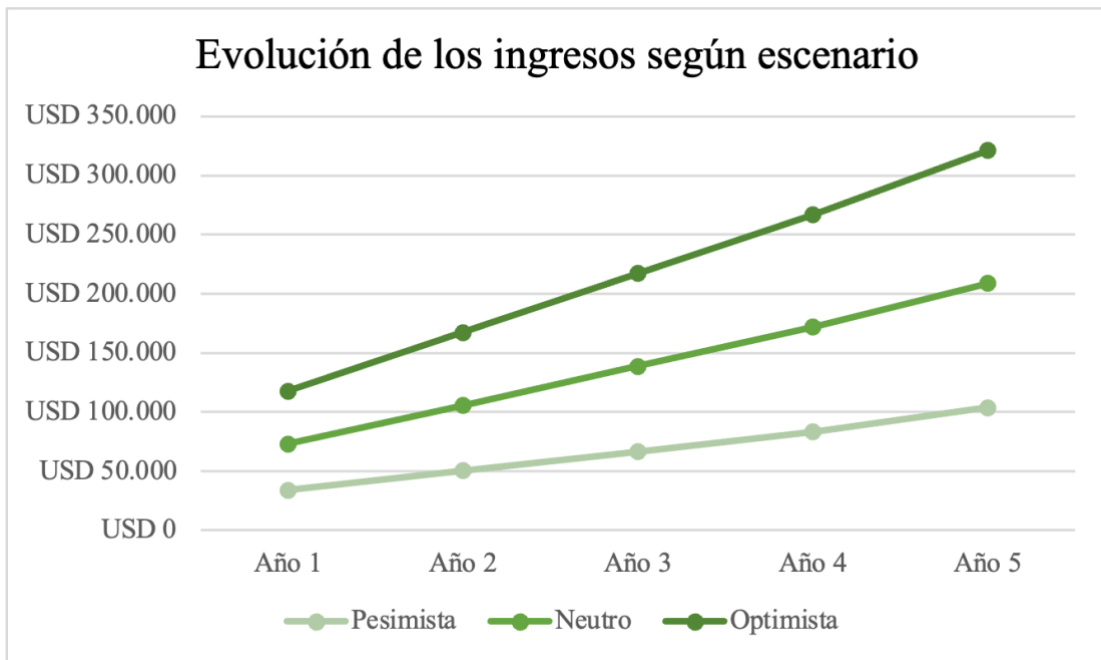


Figura 52. Evolución de los ingresos según escenario. Fuente: Elaboración propia.

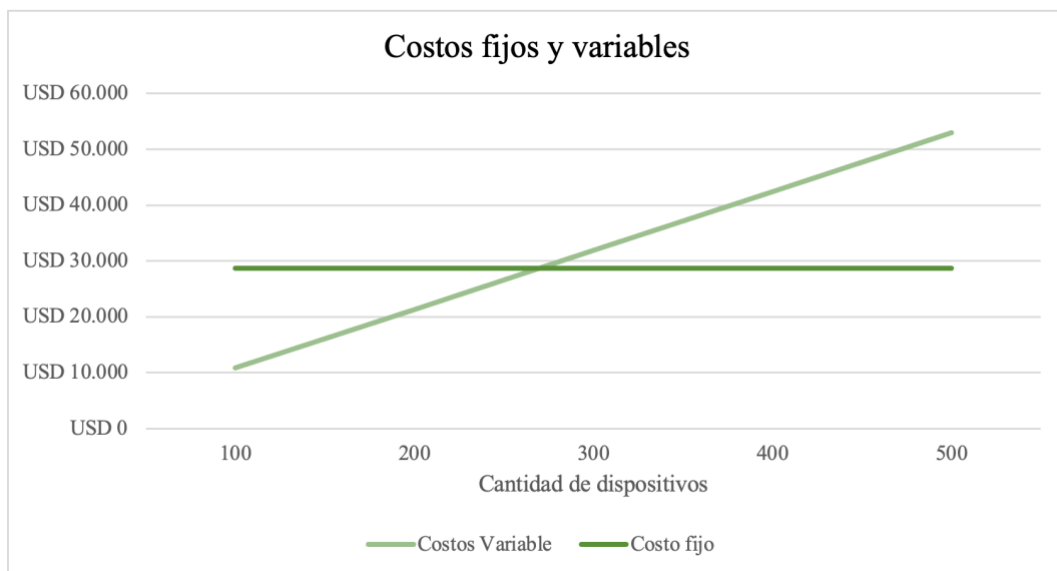


Figura 53. Costos fijos y variables según la cantidad de dispositivos considerados para la proyección financiera. Fuente: Elaboración propia.

3.3.4.1 VAN

El análisis del Valor Actual Neto (VAN) evidencia resultados diferenciados según los escenarios planteados. En el escenario pesimista, el VAN negativo refleja que los ingresos no alcanzan a cubrir los costos proyectados, lo que implica que el proyecto no logra sostenerse financieramente sin apoyo externo.

El escenario neutro, con un VAN positivo, representa la proyección más realista. Este resultado sugiere que, con niveles de participación y financiamiento moderados, el proyecto genera un retorno social y económico suficiente para mantener su sostenibilidad operativa.

Finalmente, el escenario optimista demuestra mayor rentabilidad. En un contexto de alta adhesión ciudadana y empresarial, Reconecta logra cubrir sus costos y generar excedentes que pueden ser reinvertidos en ampliar su alcance.

En conjunto, los resultados muestran que, si bien existe riesgo en condiciones desfavorables, el proyecto presenta un potencial de sostenibilidad y crecimiento significativo en escenarios realistas y optimistas.

Tabla XIII: VAN del proyecto para los tres escenarios. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	VAN
Pesimista	-USD 8.527,60
Neutro	USD 16.148,13
Optimista	USD 39.864,79

3.3.4.2 TIR

El análisis de la TIR refuerza las conclusiones derivadas del VAN. En el escenario pesimista, la TIR alcanza un 2,80 %, valor inferior a la tasa de descuento adoptada, lo que indica que, bajo condiciones desfavorables, el proyecto no resultaría financieramente viable.

El escenario neutro, con una TIR de 40,62%, demuestra una rentabilidad considerablemente superior al 15 % de referencia, lo que confirma la viabilidad económica y sostenibilidad del proyecto en condiciones normales de operación. Este resultado refleja un

equilibrio adecuado entre los ingresos proyectados y los costos fijos y variables, garantizando un retorno positivo de la inversión social.

Por último, en el escenario optimista, la TIR asciende a 85,80%, evidenciando un alto nivel de rentabilidad ante un contexto de expansión de alianzas empresariales, incremento de donaciones y eficiencia en la gestión operativa. Este valor posiciona a Reconecta como un proyecto con alto potencial de crecimiento y retorno socialmente rentable, capaz de reinvertir excedentes en nuevas iniciativas de inclusión digital y economía circular.

Tabla XIV: TIR del proyecto para los tres escenarios. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	TIR
Pesimista	2,80%
Neutro	40,62%
Optimista	85,80%

3.3.4.3 Payback

El análisis del payback permite identificar en qué momento los flujos de fondos acumulados logran cubrir el desembolso inicial del proyecto.

En el escenario pesimista, el Payback alcanza los 6 años, lo que implica que el proyecto recupera su inversión inicial recién al término del horizonte de análisis. En el escenario neutro, el período de recupero se sitúa en 3 años y 8 meses, evidenciando un retorno que garantiza la recuperación de la inversión antes del cuarto año de ejecución. Este escenario representa la proyección más realista para Reconecta, considerando una adhesión estable de sponsors y un flujo de donaciones constante.

Por último, en el escenario optimista, el Payback se reduce a 2 años y 4 meses, demostrando una rápida capacidad de recuperación del capital inicial gracias a un incremento significativo en los ingresos por sponsors y a la eficiencia en la gestión de los costos operativos.

Tabla XV: Payback del proyecto para los tres escenarios. Fuente: Elaboración propia.

Escenario	Payback
Pesimista	6 años
Neutro	3 años 8 meses
Optimista	2 años 4 meses

3.3.4.4 Viabilidad financiera del proyecto

En términos generales, el análisis financiero evidencia que Reconecta alcanza una posición de equilibrio sostenible, capaz de recuperar su inversión inicial y mantener su operación, siempre que logre niveles de adhesión razonables por parte de empresas sponsor y la comunidad de aportantes.

Más allá de los valores puntuales, el análisis permite concluir que la viabilidad de Reconecta no debe medirse únicamente en términos de rentabilidad financiera, sino en su capacidad de garantizar autosostenibilidad económica y al mismo tiempo maximizar su valor social y ambiental. En este sentido, los excedentes proyectados no se conciben como utilidades a distribuir, sino como recursos destinados a fortalecer la infraestructura tecnológica, ampliar el alcance de las campañas y aumentar la cantidad de dispositivos reacondicionados entregados a instituciones educativas y sociales.

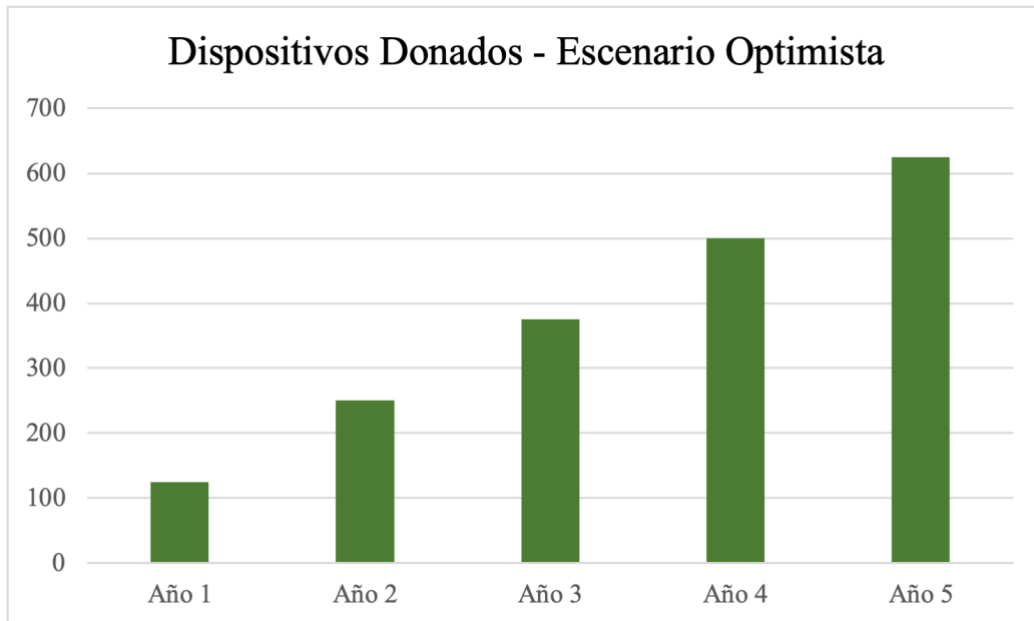


Figura 54. Cantidad de dispositivos donados en escenario optimista. Fuente: Elaboración propia.

La Figura 54 ilustra la proyección de crecimiento, mostrando el aumento en la cantidad de dispositivos donados en el escenario optimista. Este comportamiento refleja cómo la madurez del proyecto y la expansión de su red de aliados potencian su impacto social, permitiendo que el número de beneficiarios crezca año a año. De este modo, la mejora en los resultados financieros se relaciona directamente con el incremento del valor social generado por la plataforma.

En conclusión, el análisis confirma que Reconecta es financieramente viable bajo condiciones razonables de participación y crecimiento. Su principal fortaleza radica en tener un modelo híbrido que combina sostenibilidad económica con generación de valor social, contribuyendo de manera tangible a la inclusión digital y a la reducción de residuos electrónicos.

4. Metodología de Desarrollo

El desarrollo del proyecto se llevó a cabo bajo un enfoque basado en metodologías ágiles, las cuales promueven la flexibilidad, la adaptación al cambio y la entrega continua de valor (Highsmith 2002). La aplicación de principios ágiles permitió organizar el trabajo en

etapas cortas, facilitando la incorporación progresiva de funcionalidades y la validación frecuente de los avances. Dentro de este marco, se implementó un esquema de gestión visual de tareas mediante la metodología Kanban, que permitió monitorear el flujo de trabajo y optimizar la productividad a lo largo del proceso de desarrollo.

4.1 Kanban

Kanban es un método de gestión visual del trabajo que busca optimizar el flujo de tareas y promover la mejora continua (Anderson 2010).

Para su aplicación práctica se utilizó la herramienta Trello, que facilitó la gestión y seguimiento de las actividades mediante un tablero visual dividido en columnas que representaban los distintos estados del flujo de trabajo: Por hacer, En progreso, En revisión y Finalizado. Esta estructura permitió identificar las prioridades y mantener un control claro del avance.

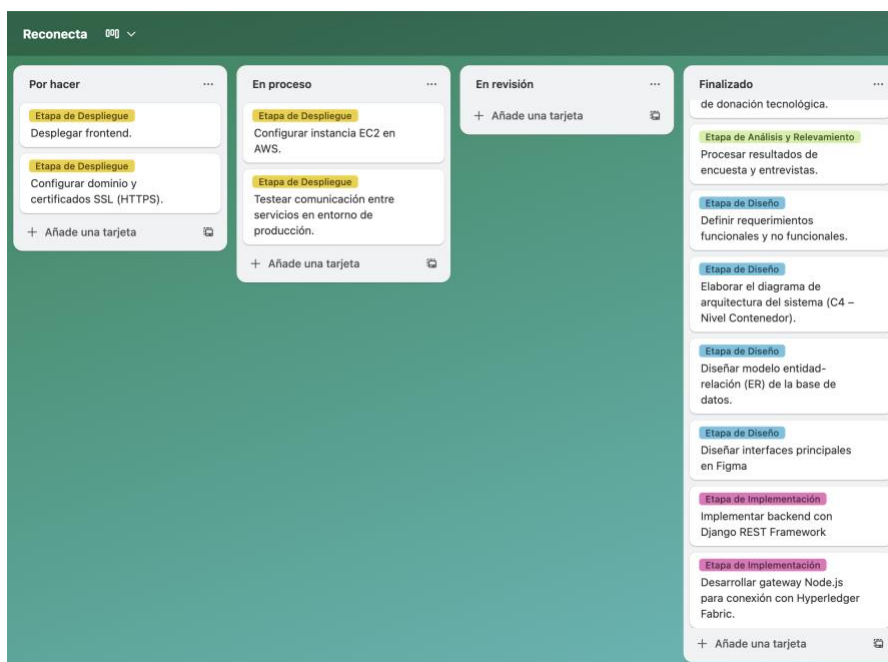


Figura 55. Tablero Kanban de Reconecta. Fuente: Elaboración propia.

4.2 Herramientas utilizadas

Las tecnologías empleadas fueron seleccionadas para responder a las necesidades de un sistema distribuido, con trazabilidad y alta disponibilidad. Se buscó combinar herramientas

consolidadas con frameworks modernos que facilitaran la integración entre la capa web, las APIs que componen el backend y la red blockchain. A continuación se detallan las herramientas, los lenguajes de programación y frameworks utilizados en el desarrollo del proyecto.

Tabla XVI. Herramientas, lenguajes de programación y frameworks utilizados.

Módulo	Herramientas utilizadas
Frontend	Lenguaje de programación: Javascript Framework: Next.js Gestor de paquetes: npm Entorno de despliegue: Vercel
Backend	Lenguaje de programación: Python Framework: Django REST Framework Gestor de paquetes: pip Almacenamiento de archivos: Cloudinary Entorno de despliegue: Railway Base de datos: PostgreSQL
Red blockchain	Contenerización: Docker/Docker Compose Framework: Hyperledger Fabric Lenguaje de chaincode: TypeScript Herramienta de monitoreo: Hyperledger Explorer Servicio AWS: EC2

Adicionalmente, durante el desarrollo, se utilizó Postman para la validación de endpoints y simulación de peticiones HTTP, asegurando el correcto funcionamiento de la API. Para la gestión de versiones de las tres capas, se utilizó GitHub para permitió mantener un control detallado de los cambios realizados.

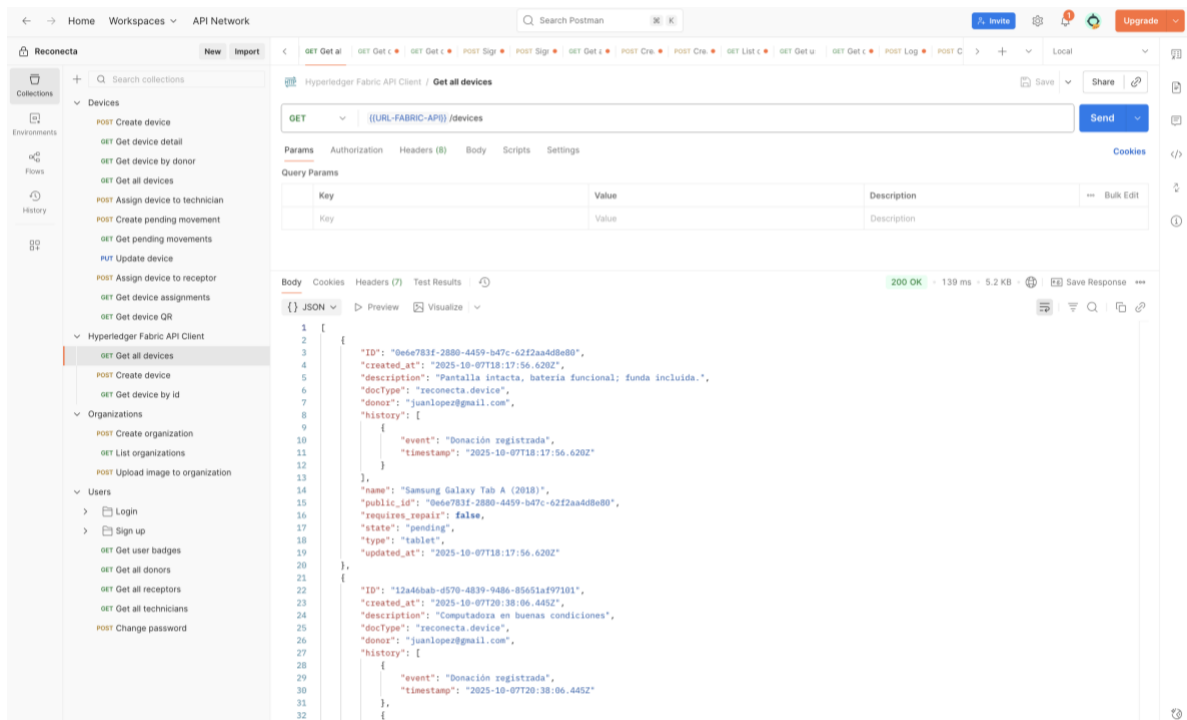


Figura 56. Collections en Postman de los endpoints de la API de Reconnecta.

5. Pruebas Realizadas

Con el objetivo de garantizar la calidad de la plataforma Reconnecta, se llevaron a cabo distintas instancias de prueba orientadas a validar tanto su comportamiento funcional como su desempeño técnico. A continuación, se presentan los principales resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas.

5.1 Pruebas funcionales

Las pruebas funcionales tuvieron como propósito verificar que cada uno de los módulos que componen la plataforma Reconnecta cumpla con los requerimientos definidos durante la etapa de análisis y diseño. En esta instancia, se evaluó el comportamiento del sistema frente a distintos escenarios de uso, con el objetivo de validar la correcta interacción entre los componentes del sistema.

Durante la ejecución se contemplaron escenarios representativos de las acciones principales de los usuarios, como la publicación de dispositivos, la actualización de estados, la generación de códigos QR y la consulta de trazabilidad.

Tabla XVII. Pruebas funcionales de Reconecta.

Caso de Prueba	Objetivo	Resultado obtenido
Publicación de dispositivo	Validar la creación de un nuevo dispositivo y su registro inicial en blockchain.	El dispositivo se creó correctamente y fue visible en Hyperledger Explorer como nuevo asset.
Actualización de estado del dispositivo	Comprobar la transición de estados y la propagación del evento a blockchain.	El cambio se reflejó en Explorer dentro del bloque siguiente.
Generación de código QR	Validar la creación del código QR asociado a un dispositivo y su enlace con la URL pública.	QR generado correctamente, probado con lector móvil.
Consulta de historial de trazabilidad	Verificar la visualización de los eventos registrados.	El historial se muestra completo y coincide con los datos del ledger.

Los resultados de las pruebas funcionales permitieron confirmar la correcta integración entre los distintos componentes de la arquitectura. En la Figura 57 se observa la interfaz del módulo de detalle del dispositivo, una vez creado por un usuario donante. Al escanear dicho código, el usuario puede acceder a su historial completo, lo que valida la vinculación entre el registro físico y su representación digital en blockchain. Por su parte, la Figura 58 evidencia la transacción correspondiente a la entrega del mismo dispositivo dentro del Hyperledger Explorer, donde se detalla el identificador único, los endorers participantes, la marca temporal y la operación de escritura sobre el ledger. La correspondencia entre ambos registros demuestra que las operaciones realizadas desde la interfaz web son correctamente validadas y almacenadas en la red blockchain.



Figura 57. Prueba de registro de un dispositivo. Fuente: Elaboración propia.

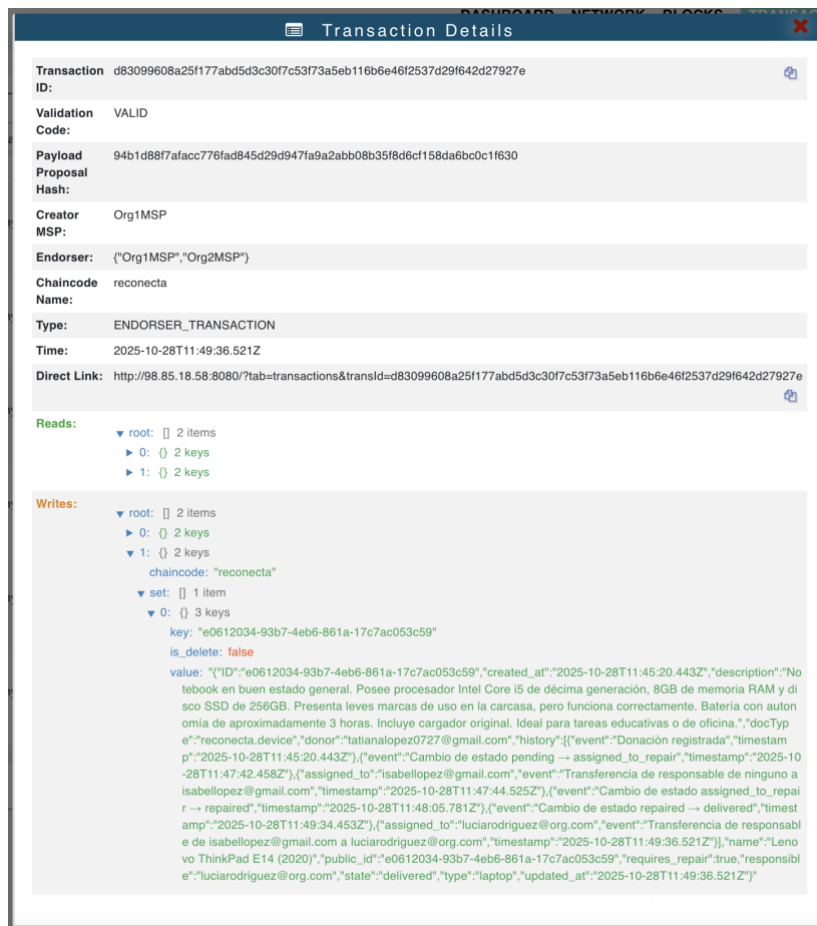


Figura 58. Datos de la transacción realizada, resultante del dispositivo publicado anteriormente. Fuente: Elaboración propia.

5.2 Pruebas de rendimiento

Para validar el rendimiento de la plataforma, se utilizó Postman para la interacción con la API REST y Hyperledger Explorer para verificar el registro de transacciones en blockchain.

En las pruebas realizadas, se observó que las operaciones de lectura, como la consulta de historial de un dispositivo, presentaron tiempos de respuesta inferiores a los 300 milisegundos. En cambio, las operaciones de escritura, como por ejemplo, la publicación de un nuevo dispositivo, registraron un tiempo promedio de alrededor de 2 segundos, correspondiente al proceso completo de envío, validación y confirmación del bloque en la red blockchain. Este comportamiento es esperable en arquitecturas descentralizadas y constituye un *trade-off* entre rendimiento y descentralización, donde la latencia adicional garantiza que cada registro almacenado sea verificable, inmutable y compartido entre las organizaciones participantes. Es decir, Reconecta prioriza la consistencia y trazabilidad de los registros por sobre la inmediatez de la respuesta, dado que cada transacción debe ser validada y confirmada por los nodos de la red antes de considerarse completa. A continuación, se muestran las evidencias de las pruebas de rendimiento sobre la operación correspondiente a la publicación de un dispositivo.

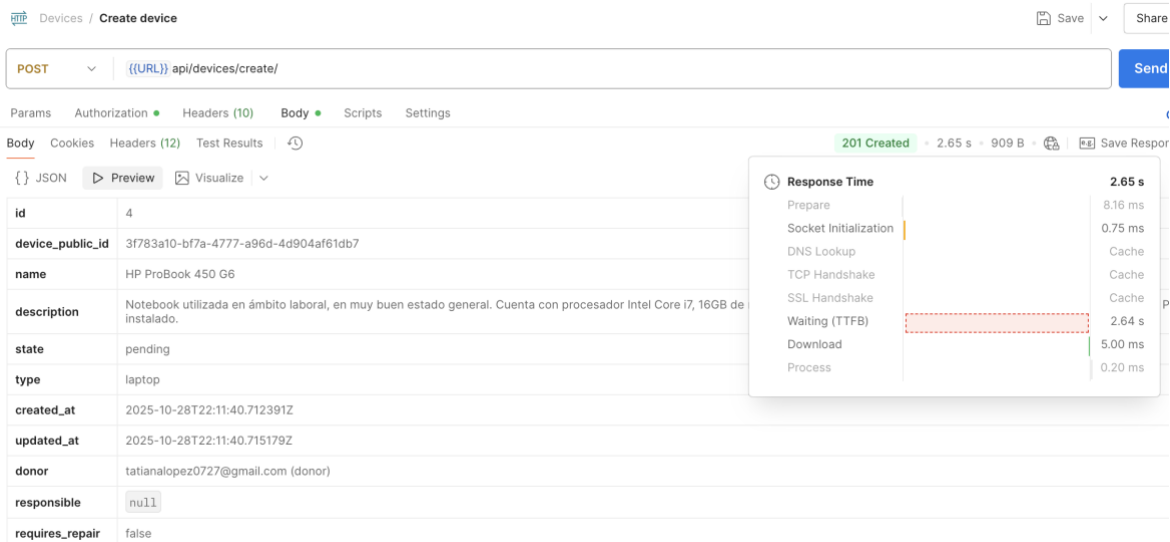


Figura 59. Tiempo de respuesta (2,65 segundos) para la operación de escritura de publicación de un dispositivo en blockchain. Fuente: Elaboración propia.

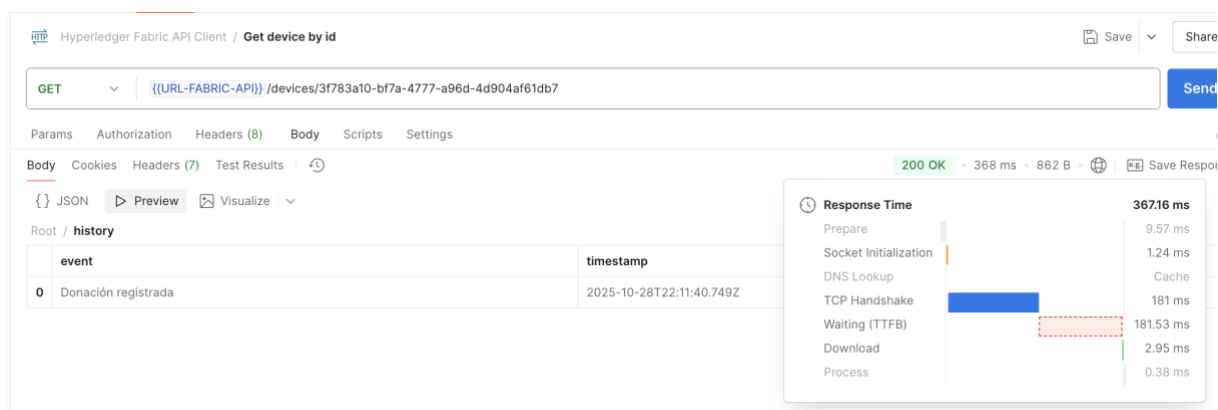


Figura 60. Tiempo de respuesta (267,18 milisegundos) para la operación de lectura de obtener historial de un dispositivo registrado en blockchain. Fuente: Elaboración propia.

5.3 Pruebas de usuario y usabilidad

Además de las pruebas técnicas, se realizaron instancias de prueba con usuarios a fin de evaluar la usabilidad general del sistema, la claridad de las interfaces y la fluidez de la experiencia de navegación. Las pruebas se llevaron a cabo con un grupo reducido de 10 participantes. Cada participante realizó una serie de tareas guiadas, como registro de usuario, publicación de dispositivo y consulta de trazabilidad, mientras se registraban sus comentarios y observaciones.

En términos generales, los usuarios destacaron la claridad visual del diseño y la simplicidad del flujo principal de donación, valorando la posibilidad de seguir el estado de los dispositivos mediante el código QR. Sin embargo, a partir de la interacción surgieron algunas oportunidades de mejora orientadas a optimizar la experiencia de uso. En particular, varios usuarios mencionaron la conveniencia de incorporar pantallas de carga o indicadores de progreso durante el registro de transacciones, dado que el sistema experimenta una breve demora mientras la operación es confirmada en la red blockchain. Esta sugerencia fue implementada, añadiéndose un componente visual de carga para que el usuario sepa que la transacción se encuentra en proceso.

Asimismo, se propuso la inclusión de un campo para repetir la contraseña en el formulario de registro, con el fin de reducir errores de tipeo. De forma complementaria, se agregó la opción de mostrar u ocultar la contraseña, facilitando la verificación visual de los datos ingresados. Ambas mejoras fueron incorporadas en la interfaz final y verificadas en una

segunda ronda de pruebas, donde los usuarios manifestaron una mayor comodidad en el proceso de alta.

Por último, un usuario sugirió integrar una funcionalidad que permita recibir notificaciones automáticas por correo electrónico cada vez que un dispositivo cambia de estado. Si bien esta característica excede el alcance del proyecto para el presente release, se consideró una propuesta valiosa para futuras versiones, en las que se prevé implementar mecanismos de comunicación asincrónica entre el sistema y los usuarios registrados.

6. Discusión

Una vez finalizado el desarrollo de Reconecta, se sometieron a discusión las oportunidades de evolución de la aplicación.

Uno de los principales desafíos del desarrollo se relacionó con la configuración y despliegue de la red de Hyperledger Fabric, especialmente en lo referido a la gestión de identidades, certificados y políticas de organización (MSP). El proceso de inicialización de los peers, orderers y chaincodes demandó una comprensión de los componentes internos del framework y ajustes reiterados en los archivos de configuración. Asimismo, la comunicación entre los servicios del backend y blockchain requirió la creación de un módulo intermedio para manejar la conexión con el contract. Si bien esta integración permitió alcanzar un funcionamiento estable, las pruebas evidenciaron que el rendimiento del sistema podría optimizarse mediante una revisión de los tiempos de propagación de los bloques, con el fin de reducir la latencia observada en las operaciones de escritura. Estas mejoras permitirían acortar los tiempos de respuesta y aumentar la eficiencia general del sistema.

En relación con los objetivos definidos al inicio del proyecto, se considera que el desarrollo de Reconecta cumplió con las metas propuestas. Se logró implementar la plataforma web que permite a los usuarios registrarse, publicar dispositivos y gestionar su donación. Asimismo, se integró el sistema de trazabilidad basado en tecnología blockchain, a través del cual cada dispositivo donado queda registrado como un activo digital único dentro de la red de Hyperledger Fabric. Este registro garantiza la transparencia e inmutabilidad de la información, alineándose con el objetivo general de desarrollar un sistema confiable y verificable para la redistribución de tecnología. Además, se incorporó la generación de códigos QR, vinculando

el activo físico con su representación digital, y se implementó una versión inicial del sistema de recompensas simbólicas, orientado a incentivar la participación de los usuarios.

Como oportunidad de evolución relacionado a aspectos funcionales, resultaría beneficioso ampliar las capacidades del sistema mediante la integración de servicios logísticos para la recolección y entrega de dispositivos. Estas funcionalidades, si bien excedieron el alcance del objetivo del presente proyecto, se encuentran contempladas como parte de la evolución hacia una solución integral.

7. Conclusiones

En los últimos años, la brecha digital surgió como una problemática que refleja la desigualdad social presente en Argentina. Mientras algunos sectores acceden a las oportunidades que ofrece la tecnología, otros continúan excluidos por la falta de dispositivos o conectividad adecuada. A esta problemática se suma la creciente acumulación de residuos electrónicos, producto del recambio acelerado de equipos y de hábitos de consumo actuales. Reconecta surgió en este contexto como una respuesta tecnológica orientada a vincular ambas realidades, facilitando la redistribución de equipos hacia quienes más los necesitan, promoviendo a la vez una cultura de consumo responsable y sostenible.

A través del desarrollo de una plataforma digital basada en blockchain, se logró construir un sistema que garantiza la trazabilidad y transparencia de cada donación, otorgando confianza a los participantes y reduciendo la opacidad propia de los circuitos informales de donación tecnológica. La implementación de esta arquitectura demostró que es posible aplicar principios de descentralización y verificación inmutable de datos a un problema social, adaptando tecnologías habitualmente asociadas al ámbito financiero o corporativo a un propósito de impacto comunitario. Cabe mencionar también que la investigación del Estado del Arte demostró que no existen actualmente en el mercado argentino plataformas que integren donación tecnológica y trazabilidad blockchain en un ecosistema digital, lo cual refuerza el valor diferencial de la plataforma.

Desde el punto de vista económico, el desarrollo del modelo de negocio representó un desafío particular, dado que Reconecta no se concibe como un proyecto puramente lucrativo, sino como una iniciativa social. La dificultad radicó en encontrar un equilibrio entre la

sostenibilidad financiera y la preservación del propósito solidario que le da sentido. No obstante, el análisis económico permitió demostrar que, sin depender exclusivamente de ingresos comerciales, la plataforma puede sostenerse mediante los esquemas de financiamiento propuestos. Esto reafirma la viabilidad del proyecto y lo posiciona dentro de un modelo de economía circular donde el valor no se mide únicamente en términos monetarios, sino también en su capacidad de generar inclusión y reducir residuos.

En definitiva, Reconecta demuestra que la tecnología puede ser utilizada como una herramienta de desarrollo orientada al bien social, capaz de crear oportunidades y contribuir a una sociedad más equitativa.

Bibliografía

- AAKER, D.A., 1996. *Building Strong Brands*. S.l.: Free Press. ISBN 978-0-02-900151-6.
- ANDERSON, D.J., 2010. *Kanban: Successful Evolutionary Change for Your Technology Business*. S.l.: Blue Hole Press. ISBN 978-0-9845214-0-1.
- ANDROULAKI, E., BARGER, A., BORTNIKOV, V., CACHIN, C. y CHRISTIDIS, K., 2018. Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains. En: arXiv:1801.10228 [cs], *Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference* [en línea]. S.l.: s.n., pp. 1-15. [consulta: 18 agosto 2025]. DOI 10.1145/3190508.3190538. Disponible en: <http://arxiv.org/abs/1801.10228>.
- PROVINCIA DE BUENOS AIRES. *Asociaciones civiles* [en línea], 2025. [consulta: 1 octubre 2025]. Disponible en: https://www.gba.gob.ar/dppj/asociaciones_civiles.
- AWS PRICING CALCULATOR. [en línea], 2025. [consulta: 2 octubre 2025]. Disponible en: <https://calculator.aws/#/>.
- AZEVEDO, P., GOMES, J. y ROMÃO, M., 2023. Supply chain traceability using blockchain. *Operations Management Research*, vol. 16, no. 3, pp. 1359-1381. ISSN 1936-9743. DOI 10.1007/s12063-023-00359-y.
- BALDÉ, C., KUEHR, R. y YAMAMOTE, T., 2024. The Global E-Waste Monitor 2024. , ISSN 978-92-61-38781-5.
- BASS, L., CLEMENTS, P. y KAZMAN, R., 2012. *Software Architecture in Practice: Software Architect Practice_c3*. S.l.: Addison-Wesley. ISBN 978-0-13-294278-2.
- BECHINI, A., CIMINO, M.G.C.A., MARCELLONI, F. y TOMASI, A., 2008. Patterns and technologies for enabling supply chain traceability through collaborative e-business. *Information and Software Technology*, vol. 50, no. 4, pp. 342-359. ISSN 0950-5849. DOI 10.1016/j.infsof.2007.02.017.
- BELLEFLAMME, P., LAMBERT, T. y SCHWIENBACHER, A., 2014. Crowdfunding: Tapping the right crowd. *Journal of Business Venturing*, vol. 29, no. 5, pp. 585-609. ISSN 0883-9026. DOI 10.1016/j.jbusvent.2013.07.003.
- BONGIORNO, G., CARDAMONE, E. y PASSARELLI, M., 2025. Navigating crowdfunding for sustainability: Practical implications mapped. *Finance Research Letters*, vol. 76, pp. 106958. ISSN 1544-6123. DOI 10.1016/j.frl.2025.106958.
- BOOCH, G., 2005. *The Unified Modeling Language User Guide*. S.l.: Pearson Education. ISBN 978-81-317-1582-6.

- BROWN, S., 2015. *The C4 model for visualising software architecture* [en línea]. S.l.: Leanpub. [consulta: 18 agosto 2025]. Disponible en: <https://leanpub.next/visualising-software-architecture>.
- BUILDING BLOCKS | WFP Innovation. *World Food Programme* [en línea], 2024. [consulta: 26 mayo 2025]. Disponible en: <https://innovation.wfp.org/project/building-blocks>.
- CARROLL, A. y SHABANA, K., 2010. The Business Case for Corporate Social Responsibility: A Review of Concepts, Research and Practice. *International Journal of Management Reviews*, vol. 12, DOI 10.1111/j.1468-2370.2009.00275.x.
- CASEY, K., LICHROU, M. y FITZPATRICK, C., 2019. Treasured trash? A consumer perspective on small Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) divestment in Ireland. *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 145, pp. 179-189. ISSN 0921-3449. DOI 10.1016/j.resconrec.2019.02.015.
- CIRCULAR PLACE. *Circular Place* [en línea], 2025. [consulta: 28 mayo 2025]. Disponible en: <https://circularplace.org/>.
- Crowdfunding for Funding? Success Stories*. [en línea], 2023. [consulta: 10 octubre 2025]. Disponible en: <https://explorerbyx.org/es>.
- DE TITTO, E. y SAVINO, A., 2022. Responsabilidad Extendida del Productor. *Revista ISALUD*, vol. 17, pp. 54-64. ISSN 1850-0668.
- DIGITUNITY. *Digitunity* [en línea], 2025. [consulta: 29 mayo 2025]. Disponible en: <https://digitunity.org/our-programs/aftrr/>.
- DJANGO DOCUMENTATION. *Django Project* [en línea], 2025. [consulta: 24 agosto 2025]. Disponible en: <https://docs.djangoproject.com/en/5.2/>.
- EKO A UNLP. *Ekoa* [en línea], 2025. [consulta: 28 mayo 2025]. Disponible en: <https://ekoa.unlp.edu.ar/>.
- ELMASRI, R. y NAVATHE, S.B., 2007. *Fundamentos de sistemas de bases de datos, 5a ed.* S.l.: Pearson Educación. ISBN 978-84-7829-085-7.
- Escuela de Catamarca trabaja con Municipio para reciclar deshechos informáticos.* Argentina.gob.ar [en línea], 2018. [consulta: 5 octubre 2025]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/noticias/escuela-de-catamarca-trabaja-con-municipio-para-reciclar-deshechos-informaticos>.
- Escuelas técnicas del interior provincial recibieron elementos eléctricos y electrónicos para reciclaje* [en línea], 2025. [consulta: 5 octubre 2025]. Disponible en: <https://www.salta.gob.ar/prensa/noticias/escuelas-tecnicas-del-interior-provincial-recibieron-elementos-electricos-y-electronicos-para-reciclaje-100781>.

FOWLER, M., 2003a. *Patterns of Enterprise Application Architecture*. S.l.: Addison-Wesley Professional. ISBN 978-0-321-12742-6.

FOWLER, M., 2003b. *Patterns of Enterprise Application Architecture*. S.l.: Addison-Wesley Professional. ISBN 978-0-321-12742-6.

FRANCISCO, K. y SWANSON, D., 2018. The Supply Chain Has No Clothes: Technology Adoption of Blockchain for Supply Chain Transparency. *Logistics*, vol. 2, no. 1, pp. 2. ISSN 2305-6290. DOI 10.3390/logistics2010002.

FUNDACION EQUIDAD. *Fundación Equidad* [en línea], 2025. [consulta: 28 mayo 2025]. Disponible en: <https://www.equidad.org>.

Giving in Numbers 2024 Edition. [en línea], 2024. S.l.: Chief Executives for Corporate Purpose (CECP). Disponible en: <https://cecp.co/wp-content/uploads/2024/11/Giving-in-Numbers-2024.pdf?redirect=no>.

GOBIERNO DE LA CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES. *Computadoras recicladas con fines educativos* [en línea], 2013. [consulta: 27 mayo 2025]. Disponible en: <https://buenosaires.gob.ar/noticias/conectando-sonrisas-recibio-3-mil-donaciones-en-2012>.

GOBIERNO DE LA CIUDAD AUTONOMA DE BUENOS AIRES. *Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE)* [en línea], 2025. [consulta: 27 mayo 2025]. Disponible en: <https://buenosaires.gob.ar/vicejefatura/ambiente/residuos-especiales/residuos-de-aparatos-electricos-y-electronicos-raee>.

gRPC [en línea], 2025. [consulta: 30 agosto 2025]. Disponible en: <https://grpc.io/>.

HABER, S. y STORNETTA, W.S., 1991. How to time-stamp a digital document. *Journal of Cryptology*, vol. 3, no. 2, pp. 99-111. ISSN 1432-1378. DOI 10.1007/BF00196791.

HIGHSMITH, J.A., 2002. *Agile Software Development Ecosystems*. S.l.: Addison-Wesley Professional. ISBN 978-0-201-76043-9.

HUNT, K., NARAYANAN, A. y ZHUANG, J., 2022. Blockchain in humanitarian operations management: A review of research and practice. *Socio-Economic Planning Sciences*, vol. 80, pp. 101175. ISSN 0038-0121. DOI 10.1016/j.seps.2021.101175.

HUSSAIN, N., DI PIETRO, F. y ROSATI, P., 2023. Crowdfunding for Social Entrepreneurship: A Systematic Review of the Literature. *Journal of Social Entrepreneurship*, DOI 10.1080/19420676.2023.2236637.

HYPERLEDGER EXPLORER DOCUMENTATION. [en línea], 2025. [consulta: 8 septiembre 2025]. Disponible en: <https://blockchain-explorer.readthedocs.io/en/main>.

HYPERLEDGER FABRIC DOCS. [en línea], 2025. [consulta: 20 agosto 2025]. Disponible en: <https://hyperledger-fabric.readthedocs.io/en/latest/index.html>.

INDEC, 2025. Acceso y uso de tecnologías de la información y la comunicación. EPH. Cuarto trimestre de 2024. , ISSN 2545-6636.

INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL. *Argentina.gob.ar* [en línea], 2019. [consulta: 30 agosto 2025]. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/inpi>.

KAPFERER, J.-N., 2012. *The New Strategic Brand Management: Advanced Insights and Strategic Thinking*. S.l.: Kogan Page Publishers. ISBN 978-0-7494-6516-2.

KAPLAN-MOSS, J. y HOLOVATY, A., 2008. *The Definitive Guide to Django: Web Development Done Right*. S.l.: Apress. ISBN 978-1-4302-0331-5.

KIM, W.C. y MAUBORGNE, R., 2005. *La estrategia del océano azul: cómo desarrollar un nuevo mercado donde la competencia no tiene ninguna importancia*. S.l.: Editorial Norma. ISBN 978-958-04-8839-2.

LABDOO. [en línea], 2025. [consulta: 29 mayo 2025]. Disponible en: <https://www.labdoo.org/es/>.

Material Design [en línea], 2025. [consulta: 31 agosto 2025]. Disponible en: <https://m3.material.io>.

MINISTERIO DE AMBIENTE y OIT, 2020. *Gestión integral de RAEE: los residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, una fuente de trabajo decente para avanzar hacia la economía circular*. S.l.: s.n. ISBN ISBN 978-987-47600-3-6.

MORA, C., ROLLINS, R.L., TALADAY, K., KANTAR, M.B., CHOCK, M.K., SHIMADA, M. y FRANKLIN, E.C., 2018. Bitcoin emissions alone could push global warming above 2°C. *Nature Climate Change*, vol. 8, no. 11, pp. 931-933. ISSN 1758-6798. DOI 10.1038/s41558-018-0321-8.

MUI: The React component library. [en línea], 2025. [consulta: 31 agosto 2025]. Disponible en: <https://mui.com/>.

MURILLO, B., 2021. El lugar importa: brecha digital y desigualdades territoriales en tiempos de COVID-19 Una revisión comparativa sobre la realidad argentina, sus provincias y principales centros urbanos. *Argumentos. Revista de crítica social*, no. 24, pp. 3. ISSN 1666-8979.

NARAYANAN, A., BONNEAU, J., FELTEN, E., MILLER, A. y GOLDFEDER, S., 2016. *Bitcoin and Cryptocurrency Technologies: A Comprehensive Introduction*. S.l.: Princeton University Press. ISBN 978-1-4008-8415-5.

-
- NEWMAN, S., 2015. *Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems*. S.l.: O'Reilly Media, Inc. ISBN 978-1-4919-5033-3.
- NEXT.JS by Vercel - The React Framework. [en línea], 2025. [consulta: 31 agosto 2025]. Disponible en: <https://nextjs.org/>.
- OGLIASTRI, E., LEGUIZAMÓN, F.A., GUZMÁN, J., GONZÁLEZ, C.J., ICKIS, J.C., SALAZAR, M.H., FLORES, J., CORTÉS, C., CABALLERO, K., VIVES, A., PRATT, L., PETRY, I., SCHROEDER, K., SCHARF, R. y PEINADO-VARA, E., 2007. El argumento empresarial de la RSE: 9 casos de América Latina y el Caribe. *IDB Publications* [en línea], [consulta: 10 octubre 2025]. DOI 10.18235/0012449. Disponible en: <https://publications.iadb.org/es/el-argumento-empresarial-de-la-rse-9-casos-de-america-latina-y-el-caribe>. Trinidad y Tobago
- ORGANIZACION MUNDIAL DE LA PROPIEDAD INTELECTUAL. [en línea], 2025. [consulta: 30 agosto 2025]. Disponible en: <https://www.wipo.int/portal/es/index.html>.
- OSTERWALDER, A. y PIGNEUR, Y., 2010. *Business Model Generation: A Handbook for Visionaries, Game Changers, and Challengers*. S.l.: John Wiley & Sons. ISBN 978-0-470-87641-1.
- OTAMENDI, J., 2022. *Derecho de Marcas*. S.l.: s.n. ISBN 978-950-20-3063-0.
- Río Negro impulsa el reciclado de electrónicos en escuelas de Bariloche | Gobierno de Río Negro* [en línea], 2025. [consulta: 5 octubre 2025]. Disponible en: <https://rionegro.gov.ar/articulo/53641/rio-negro-impulsa-el-reciclado-de-electronicos-en-escuelas-de-bariloche>.
- Running Hyperledger Explorer on Amazon Managed Blockchain | AWS Database Blog*. [en línea], 2020. [consulta: 8 septiembre 2025]. Disponible en: <https://aws.amazon.com/blogs/database/running-hyperledger-explorer-on-amazon-managed-blockchain/>.
- SABERI, S., Kouhizadeh ,Mahtab, Sarkis ,Joseph y AND SHEN, L., 2019. Blockchain technology and its relationships to sustainable supply chain management. *International Journal of Production Research*, vol. 57, no. 7, pp. 2117-2135. ISSN 0020-7543. DOI 10.1080/00207543.2018.1533261.
- SCHWAL, M., 2022. El confinamiento y la vuelta a clases en Argentina: relatos de docentes sobre la desigualdad en pandemia. *Texto Livre*, vol. 15, pp. e38009. DOI 10.35699/1983-3652.2022.38009.
- SELWYN, N., 2004. Reconsidering Political and Popular Understandings of the Digital Divide. *New Media & Society*, vol. 6, no. 3, pp. 341-362. ISSN 1461-4448. DOI 10.1177/1461444804042519.

SOMMERVILLE, I., 2005. *Ingeniería del software*. S.l.: Pearson Educación. ISBN 978-84-7829-074-1.

STALLINGS, W., 1994. *Fundamentos de seguridad en redes: aplicaciones y estándares*. S.l.: Pearson Educación. ISBN 978-84-205-4002-3.

The Cost of Marketing — A Complex Marketing Budget Breakdown. WebFX [en línea], 2025. [consulta: 10 octubre 2025]. Disponible en: <https://www.webfx.com/digital-marketing/pricing/cost-of-marketing/>.

VAN DIJK, J.A.G.M. van, 2005. *The Deepening Divide: Inequality in the Information Society*. S.l.: SAGE Publications. ISBN 978-1-4522-6310-6.

WARSCHAUER, M., 2004. *Technology and Social Inclusion: Rethinking the Digital Divide*. S.l.: MIT Press. ISBN 978-0-262-73173-7.

WHEELER, A., 2012. *Designing Brand Identity: An Essential Guide for the Whole Branding Team*. S.l.: John Wiley & Sons, Incorporated. ISBN 978-1-118-43163-4.

WILSON, G.T., SMALLEY, G., SUCKLING, J.R., LILLEY, D., LEE, J. y MAWLE, R., 2017. The hibernating mobile phone: Dead storage as a barrier to efficient electronic waste recovery. *Waste Management*, vol. 60, pp. 521-533. ISSN 0956-053X. DOI 10.1016/j.wasman.2016.12.023.

Anexo A. Encuesta

A continuación, se presentan las preguntas incluidas la encuesta elaborada en la etapa de *User Research*:

1. ¿Cuántos años tenés?
 - a. Menos de 18
 - b. 18-25 años
 - c. 26-35 años
 - d. 36-50 años
 - e. Más de 50 años
2. ¿Con qué género te identificás?
 - a. Mujer
 - b. Hombre
 - c. Otra identidad
 - d. Prefiero no responder

En esta pregunta, estaban disponibles todas las provincias de Argentina:

3. ¿En qué provincia vivís actualmente?
4. ¿Con qué frecuencia renovás tu celular?
 - a. Una vez al año
 - b. Entre los dos a tres años
 - c. Después de tres años o más
 - d. Sólo cuando deja de funcionar
5. ¿Con qué frecuencia renovás tu computadora?
 - a. Una vez al año
 - b. Entre los dos a tres años
 - c. Después de tres años o más
 - d. Sólo cuando deja de funcionar
6. ¿Qué factores influyen en tu decisión de cambiar de dispositivo?
 - a. Nuevas características o tecnología
 - b. Promociones/ofertas comerciales
 - c. Rendimiento lento del dispositivo

- d. Problemas de batería
 - e. Daños/robo
 - f. Influencia social o moda
 - g. Otros
7. ¿Qué hacés generalmente con los dispositivos electrónicos que ya no utilizás?
- a. Los guardo en casa
 - b. Los vendo como usados
 - c. Los llevo a puntos de reciclaje especializados
 - d. Los tiro a la basura
 - e. Los dono o los regalo
 - f. Otro
8. ¿Actualmente tenés dispositivos electrónicos viejos o en desuso guardados en tu casa?
- a. Sí, varios
 - b. Sí, pero sólo uno o dos
 - c. No, ninguno
9. ¿Cuál es el motivo principal por el cual guardás estos dispositivos?
- a. Creo que los podría utilizar en un futuro
 - b. No sé dónde llevarlos para reciclar o donar
 - c. No tengo tiempo o interés en gestionarlos
 - d. Me da lástima tirarlos
 - e. Tienen información personal y no sé cómo eliminarla de forma segura
 - f. Otros
10. ¿Sabés dónde podrías llevar tus dispositivos electrónicos para reciclarlos o donarlos adecuadamente?
- a. Si
 - b. No
11. ¿Estarías dispuesto/a a donar un dispositivo electrónico en desuso si existiera una plataforma segura y fácil de usar para hacerlo?
- a. Si

b. No

12. ¿Qué condiciones te harían sentir más confiado/a para donar un dispositivo a través de una plataforma online?

- a. Saber exactamente a qué organización o persona irá destinado el dispositivo
- b. Poder hacer seguimiento del dispositivo donado
- c. Poder elegir a qué tipo de institución quiero donar (escuelas, comedores, centros comunitarios, etc.)
- d. Recibir algún tipo de reconocimiento simbólico o certificado por la donación.

Anexo B. Transcripción entrevista

Entrevistadora: Antes que nada, gracias por tu tiempo. ¿Podrías presentarte brevemente y contarnos sobre tu experiencia en el ámbito educativo?

Ángela Lucía Pietraroia: Claro, gracias a vos por invitarme a participar. Mi nombre es Ángela Lucía Pietraroia, soy docente y me he desempeñado como directora en varias instituciones de nivel primario. Fui directora de la Escuela Primaria N.º 21 “José de San Martín”, que es una escuela pública ubicada en Lanús, y también estuve a cargo de la dirección de la Escuela “San Miguel Arcángel” y actualmente soy directora del Colegio “Espíritu Santo”, ambas de gestión privada y también ubicadas en el conurbano bonaerense.

Entrevistadora: ¿Cómo describirías el acceso actual a la tecnología en esas instituciones?

Ángela Lucía Pietraroia: La verdad es que el acceso a la tecnología sigue siendo muy desigual. En las escuelas públicas, por ejemplo, contamos con algunos recursos mínimos, pero la mayoría de los dispositivos están viejos, mal mantenidos o directamente no funcionan. En las privadas la situación mejora un poco, pero también depende mucho del aporte de las familias. Algunas pueden colaborar más, otras no. En general, hay muchas carencias materiales.

Entrevistadora: ¿Los alumnos tienen acceso individual a dispositivos en clase?

Ángela Lucía Pietraroia: No, en la mayoría de los casos no. Hay escuelas donde tenés una computadora para todo un grupo, o a veces dos o tres dispositivos para toda una clase. Eso hace imposible que los chicos puedan realmente desarrollar competencias digitales. Y a eso se suma que no hay un plan institucional fuerte de alfabetización digital. Se hace lo que se puede.

Entrevistadora: ¿Y los equipos que tienen, funcionan correctamente?

Ángela Lucía Pietraroia: Muchos no. Se cuelgan, no arrancan, o tienen el sistema operativo viejo. Además, tenés que pensar que no todos los docentes están preparados para usar tecnología en clase. Especialmente los que ya están cerca de jubilarse, que por ahí no se sienten cómodos o no tienen formación en herramientas digitales. Eso también es un obstáculo.

Entrevistadora: ¿Qué recursos considerás más necesarios hoy en día?

Ángela Lucía Pietraroia: Principalmente celulares, notebooks y proyectores. Y algo fundamental es la conectividad también.

Entrevistadora: ¿Cómo afecta esto a los estudiantes?

Ángela Lucía Pietraroia: Es un problema muy serio. Porque los chicos de sectores medios suelen tener celular propio, pero muchos de sectores más vulnerables no tienen nada. Y la escuela tiene que incluirlos igual, tiene que pensar cómo sostener el vínculo. Durante la pandemia fue muy claro eso: hubo familias que no tenían ni un dispositivo en casa. Tuvimos que hacer malabares para seguir conectados con esos alumnos, mandar tareas impresas, llamar por teléfono... y aún así, muchos quedaron afuera del sistema. La brecha digital es real y se siente.

Entrevistadora: ¿Qué opinás de una plataforma que canalice donaciones tecnológicas con trazabilidad?

Ángela Lucía Pietraroia: Me parece una idea muy buena, muy necesaria. Porque muchas veces la gente quiere donar, pero no sabe cómo. Y si encima hay trazabilidad, mucho mejor. Así sabés a dónde fue el equipo, qué uso se le dio. Eso genera confianza.

Entrevistadora: Vamos concluyendo la entrevista. Muchas gracias por tu tiempo.

Ángela Lucía Pietraroia: Gracias a vos. Muchos éxitos con el proyecto.

Anexo C. Informe de marca

30 de agosto de 2025

DENOMINACIÓN DE LA MARCA: RECONECTA

PETICIONANTE: Lopez Tatiana

Se realiza a la fecha el presente informe para la marca arriba mencionada, con el fin de brindar la información acerca de la disponibilidad actual de la misma. Este informe no otorga ningún derecho de propiedad ni prelación al solicitante, tiene carácter meramente informativo.

Análisis de la consulta

“RECONECTA” no se encuentra registrada en INPI, ni cuenta con presentaciones. Para las clases de Niza correspondientes (42 y 35) no se encuentran marcas registradas ni con presentaciones que puedan dificultar nuestro registro.

La recomendación que sugerimos desde DR ABOGADA es la de efectuar el registro de RECONECTA, en presentación MIXTA (denominación + logo) de manera principal en la clase 42, en todo lo que respecta a tecnología, software y blockchain, específicamente en sus subcategorías:

ALMACENAMIENTO DE DATOS MEDIANTE CADENA DE BLOQUES [BLOCKCHAIN]; ALOJAMIENTO DE BASES DE DATOS; ALOJAMIENTO DE PÁGINAS WEB PERSONALIZADAS; ANÁLISIS DE SISTEMAS INFORMÁTICOS; CERTIFICACIÓN DE DATOS A TRAVÉS DE LA TECNOLOGÍA DE CADENAS DE BLOQUES [BLOCKCHAIN]; DESARROLLO Y MANTENIMIENTO DE SOFTWARE DE BASES DE DATOS INFORMÁTICAS; DISEÑO Y DESARROLLO DE BASES DE DATOS INFORMÁTICAS; DISEÑO, DESARROLLO Y PROGRAMACIÓN DE SOFTWARE; DISEÑO, DIBUJO Y ESCRITURA POR ENCARGO DE SOFTWARE INFORMÁTICO; ELABORACIÓN DE BASES DE DATOS INFORMÁTICAS; ESCRITURA DE SOFTWARE INFORMÁTICO; ESCRITURA POR ENCARGO DE PROGRAMAS INFORMÁTICOS, SOFTWARE Y CÓDIGOS PARA CREAR PÁGINAS WEB EN INTERNET; MANTENIMIENTO DE REGISTROS INFORMÁTICOS ; SERVICIOS DE ANÁLISIS DE SISTEMAS INFORMÁTICOS; SISTEMAS INFORMÁTICOS (DISEÑO DE) ; SOFTWARE COMO SERVICIO [SAAS]; PLATAFORMAS EN LÍNEA NO

DESCARGABLES PARA LA GESTIÓN DE DONACIONES; SERVICIOS DE TRAZABILIDAD ELECTRÓNICA MEDIANTE BLOCKCHAIN; SERVICIOS DE ALOJAMIENTO DE PLATAFORMAS EN LÍNEA (HOSTING)

Y en la clase 35 de manera complementaria, en lo que respecta a la gestión, coordinación y administración de la marca, específicamente en sus subcategorías:

BASES DE DATOS INFORMÁTICAS (COMPILACIÓN DE DATOS EN -); BASES DE DATOS INFORMÁTICAS (SISTEMATIZACIÓN DE DATOS EN -); GESTIÓN DE BASES DE DATOS; GESTIÓN DE BASES DE DATOS INFORMATIZADAS; INTERMEDIACIÓN ENTRE VOLUNTARIOS CUALIFICADOS Y ORGANIZACIONES SIN ÁNIMO DE LUCRO; ORGANIZACIÓN DE LA PROMOCIÓN DE EVENTOS PARA LA RECAUDACIÓN DE FONDOS DE BENEFICENCIA; SERVICIOS DE GESTIÓN DE BASES DE DATOS; SERVICIOS DE GESTIÓN DE BASES DE DATOS INFORMATIZADAS; SERVICIOS DE INTERMEDIACIÓN COMERCIAL; INTERMEDIACIÓN COMERCIAL ENTRE DONANTES Y BENEFICIARIOS DE DISPOSITIVOS; SERVICIOS DE ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE DONACIONES; SERVICIOS DE INTERMEDIACIÓN EN LÍNEA PARA CONECTAR OFERENTES Y DEMANDANTES; SERVICIOS DE ORGANIZACIÓN Y ADMINISTRACIÓN DE DONACIONES

Esto implicará realizar dos cargas de solicitud de marca, por ende deberá abonar aranceles de INPI de \$29080 por la clase 42* y \$29080 por la clase 35*, más el valor de nuestros honorarios \$500.000 por dicho registro, por única vez en todo el proceso (que puede llevar entre 18 y 24 meses).

**Los aranceles pueden ser consultados en <https://portaltramites.inpi.gob.ar/InfoPortal/Aranceles> (se abona arancel 110001 y 190010)*

RESULTADO: DISPONIBLE (Con bajo riesgo de presentación de oposiciones)

Dra. Daniela Belén Radozevich (matrícula Tomo XIII, Folio 282 C.A.Q.)

Anexo D. Análisis financiero

En el presente anexo se incluyen los cuadros complementarios correspondientes al análisis financiero de Reconecta, que detallan las estimaciones utilizadas para la proyección de ingresos, costos y resultados operativos en los distintos escenarios evaluados.

La inversión inicial estimada para el primer año del proyecto contempla los recursos fundamentales necesarios para la puesta en marcha de la plataforma Reconecta. Este monto incluye los honorarios del equipo de desarrollo, la adquisición de equipamiento informático básico, y los gastos asociados a la constitución legal de la organización y al registro de marca. Asimismo, se incorpora una partida destinada a marketing y difusión. En conjunto, estos rubros configuran una inversión total de USD 5.600, considerada suficiente para cubrir los requerimientos técnicos y administrativos del lanzamiento del proyecto.

Recursos necesarios para el primer año del proyecto

Insumos	Cantidad	Costo
Desarrollador	40hs	USD 900,00
Desarrollador	40hs	USD 900,00
Computadora/Equipos	2	USD 1.600,00
Constitución de Asociación Civil	N/A	USD 200,00
Registro de Marca	N/A	USD 372,00
Inversión en Marketing	N/A	USD 1.628,00
Inversión inicial:		USD 5.600,00

Figura 61. Recursos necesarios para el primer año del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

La tabla presenta la proyección de cantidad de empresas sponsor distribuidas por tipo de plan (básico, estándar y premium) a lo largo de los cinco años del proyecto. Se observa un crecimiento sostenido en el número total de sponsors, reflejando una mayor adopción a medida que Reconecta gana visibilidad y credibilidad.

En el escenario pesimista se proyecta una mayor proporción de planes básicos, dado que representa un contexto de baja adhesión empresarial, en el cual las compañías muestran interés inicial por participar, pero optan por aportes más modestos y de menor compromiso económico. Este comportamiento es consistente con una etapa temprana de validación del proyecto, donde las marcas priorizan observar los resultados antes de realizar inversiones mayores. En cambio, en el escenario optimista, aunque el número total de sponsors básicos disminuye, aumenta

significativamente la cantidad de planes estándar y premium, lo que refleja una consolidación del proyecto y una mayor confianza del sector privado.

Año 1			Año 2			Año 3			Año 4			Año 5		
Básico	Estándar	Premium	Básico	Estándar	Premium	Básico	Estándar	Premium	Básico	Estándar	Premium	Básico	Estándar	Premium
8	2	0	9	3	1	10	4	2	11	5	3	9	7	5
5	5	0	6	6	1	7	7	2	8	8	3	9	9	4
6	3	1	7	4	2	8	5	3	9	6	4	10	7	5

Figura 62. Cantidad de sponsors por plan, según escenario. Fuente: Elaboración propia.

La tabla presenta la proyección de ingresos por donaciones individuales a través de campañas de *crowdfunding*, diferenciadas según el escenario de análisis. Para todos los casos se estimó un promedio de donación de 15 USD.- Se observa una tendencia creciente en la cantidad de aportantes y en el monto total recaudado a lo largo del tiempo. En el escenario pesimista, el crecimiento es más gradual y limitado, mientras que en el neutro y el optimista se evidencia una expansión sostenida del número de donantes.

En particular, el escenario optimista muestra una comunidad de aportantes más estable y comprometida, que no solo crece en cantidad, sino también en frecuencia y monto de sus contribuciones, consolidando al *crowdfunding* como una fuente complementaria clave para la sostenibilidad financiera de Reconecta.

INGRESOS POR DONACIONES	Cantidad de donaciones	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Pesimista	100	110	121	133	146
	Neutro	200	220	242	266	293
	Optimista	350	385	424	466	512
INGRESOS POR DONACIONES	Ingresos	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Pesimista	USD 1.500,00	USD 1.650,00	USD 1.815,00	USD 1.996,50	USD 2.196,15
	Neutro	USD 3.000,00	USD 3.300,00	USD 3.630,00	USD 3.993,00	USD 4.392,30
	Optimista	USD 5.250,00	USD 5.775,00	USD 6.352,50	USD 6.987,75	USD 7.686,53

Figura 63. Ingresos por *crowdfunding*, según escenario. Fuente: Elaboración propia.

La figura 64 muestra la evolución de los ingresos totales proyectados para Reconecta durante los cinco primeros años de funcionamiento, combinando las dos fuentes principales: sponsors empresariales y donaciones ciudadanas vía *crowdfunding*.

TOTALES INGRESOS		Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Pesimista	USD 33.900,00	USD 50.250,00	USD 66.615,00	USD 82.996,50	USD 103.596,15
	Neutro	USD 39.000,00	USD 55.500,00	USD 72.030,00	USD 88.593,00	USD 105.192,30
	Optimista	USD 44.850,00	USD 61.575,00	USD 78.352,50	USD 95.187,75	USD 112.086,53

Figura 64. Totales de ingresos, según escenario. Fuente: Elaboración propia.

La tabla muestra la evolución de los costos del proyecto Reconecta durante los cinco primeros años, diferenciando entre costos variables y costos fijos.

Los costos fijos se mantienen constantes en los tres escenarios. Estos costos no dependen directamente del volumen de actividad, sino que representan el mantenimiento estructural del proyecto.

Por otro lado, los costos variables presentan un incremento progresivo en los tres escenarios, siendo más elevados en el escenario optimista. Esto se debe a que dichos costos están vinculados a la cantidad de dispositivos recibidos y reacondicionados: a medida que Reconecta gana visibilidad, la plataforma recibe un mayor número de equipos donados. Este crecimiento implica un aumento en los gastos de reacondicionamiento (por insumos, repuestos y remuneraciones a reacondicionadores).

COSTOS VARIABLES	Costo variable	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Pesimista	USD 10.800,00	USD 21.330,00	USD 31.860,00	USD 42.390,00	USD 52.920,00
	Neutro	USD 11.880,00	USD 23.463,00	USD 35.046,00	USD 46.629,00	USD 58.212,00
	Optimista	USD 13.500,00	USD 26.662,50	USD 39.825,00	USD 52.987,50	USD 66.150,00

COSTOS FIJOS	Costo fijo	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Pesimista	USD 28.704,00	USD 28.704,00	USD 28.704,00	USD 28.704,00	USD 28.704,00
	Neutro	USD 28.704,00	USD 28.704,00	USD 28.704,00	USD 28.704,00	USD 28.704,00
	Optimista	USD 28.704,00	USD 28.704,00	USD 28.704,00	USD 28.704,00	USD 28.704,00

TOTALES COSTOS	Costos totales	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
	Pesimista	USD 39.504,00	USD 50.034,00	USD 60.564,00	USD 71.094,00	USD 81.624,00
	Neutro	USD 40.584,00	USD 52.167,00	USD 63.750,00	USD 75.333,00	USD 86.916,00
	Optimista	USD 42.204,00	USD 55.366,50	USD 68.529,00	USD 81.691,50	USD 94.854,00

Figura 65. Costos fijos y variables del proyecto. Fuente: Elaboración propia.

En base a los costos e ingresos descriptos anteriormente, se realizó una proyección del flujo de fondos para cada escenario, con el fin de calcular los indicadores financieros VAN, TIR y Payback.

Flujo de fondos	Periodo 0	Periodo 1	Periodo 2	Periodo 3	Periodo 4	Periodo 5	VAN	TIR	Payback
Pesimista	-USD 5.600,00	-USD 11.204,00	-USD 10.988,00	-USD 4.937,00	USD 6.965,50	USD 28.937,65	-USD 8.527,60	2,80%	6 años
Neutro	-USD 5.600,00	-USD 7.184,00	-USD 3.851,00	USD 4.429,00	USD 17.689,00	USD 35.965,30	USD 16.148,13	40,62%	3 años 8 meses
Optimista	-USD 5.600,00	-USD 2.954,00	USD 3.254,50	USD 13.078,00	USD 26.574,25	USD 43.806,78	USD 39.864,79	85,80%	2 años 4 meses

Figura 66. Flujo de fondos del proyecto por cada escenario. Fuente: Elaboración propia.