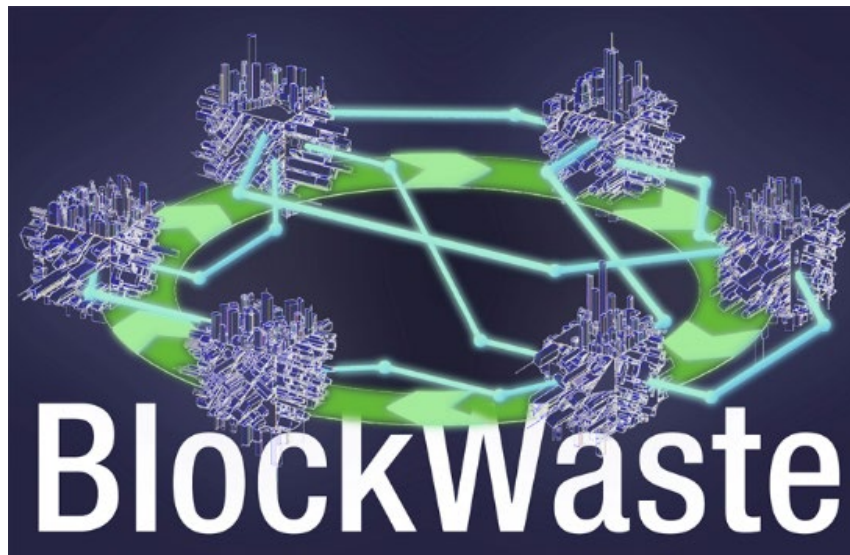


O1.A2.2 Aplicaciones de Blockchain para la gestión de residuos

Análisis de casos de uso de Blockchain en la gestión de residuos y orientación general para iniciar proyectos de Blockchain



Descargo de responsabilidad

This project has been funded with support from the European Commission. This publication
Este proyecto ha sido financiado con el apoyo de la Comisión UEuropea. Esta publicación
refleja únicamente la opinión de los autores, y la Comisión no se hace responsable del uso
que pueda hacerse de la información contenida en ella.

Programa de financiación	Programa Erasmus+ de la Unión U Europea
Financiación NA	EL01 Fundación de Becas del Estado Griego (IKY)
Título completo del proyecto	Formación innovadora basada en la tecnología Blockchain aplicada a la gestión de residuos - BLOCKWASTE
Acción Clave	KA2 - Cooperación para la innovación y el intercambio de buenas prácticas KA203 - Asociaciones estratégicas para la educación superior
Número del proyecto	2020-1-EL01-KA203-079154
Duración del proyecto	24 meses
Fecha de inicio del proyecto:	01-10-2020
Fecha de finalización del proyecto:	30-09-2022

Detalles de los resultados:

Título del resultado: O1: Material didáctico para el Blockchain-RSU interdisciplinario

Task Title: A2 - Estudio comparativo de las tecnologías de la información aplicadas a la gestión de residuos a nivel internacional. (Bielefeld)

Subtarea: A2.2 - Aplicaciones de Blockchain para la gestión de residuos - Análisis de casos de uso de Blockchain en la gestión de residuos y orientación general para iniciar proyectos de Blockchain
Output leader: FH-Bielefeld

Líder de la tarea: NTUA

Autor (es): Rainer Lenz, rlenz@fh-bielefeld.de, Bielefeld UAS, Alemania

Christa Barkel, Saxion UAS, c.barkel@saxion.nl, Países Bajos

Reviewed by: Maria Menegaki, Universidad Técnica Nacional de Atenas, menegaki@metal.ntua.gr, Grecia, Perry Smit, Saxion UAS, p.j.smit.01@saxion.nl, Países Bajos

Control del documento

Versión del documento	Versión	Modificado
V0.1	30/04/2021	Versión final – 30/06/2021

Contenidos

Resumen ejecutivo	iii
1 Introducción	1
1.1 Breve descripción del proyecto	1
1.2 Objetivos y enfoque metodológico.....	1
2 Análisis de casos de uso de Blockchain en la gestión de residuos	3
2.1 Características de los casos de uso	3
2.2 Predefinición de un conjunto de categorías para el cribado.....	3
2.3 Resultado del cribado	4
2.4 Tres ejemplos de buenas prácticas.....	6
3 Comparación de los resultados con los de otros estudios	8
3.1 Estudio de PwC 2018 - 65 casos de uso de Blockchain para el medio ambiente	8
3.2 Climate-KIC - 2019 - 14 aplicaciones de Blockchain orientadas a los materiales	9
3.3 Böckel/Nuzum/Weisbrod - 2020 - 12 casos de uso de Blockchain en la economía circular.....	10
3.4 Ahmad et al - 2021 - Blockchain para la gestión de residuos en ciudades inteligentes.....	11
4 Conclusión y aprendizaje.....	13
5 Orientaciones generales para iniciar un proyecto de Blockchain	15
6 Referencias.....	19

Índice de tablas

Tabla 1. Resultados de PwC en un vistazo (fuente: PwC, 2018)	8
Tabla 2. Conjunto de categorías utilizadas por Climate KIC (fuente: Climate-KIC, 2019).....	9

Índice de figuras

Figura 1. Estructura del estudio (fuente: el autor)	2
Figura 2. Resultados del cribado "Aplicación de la cadena de bloques" (fuente: el autor).....	4
Figura 3. Uso de la función de rastreo para un segundo propósito (fuente: el autor).....	5
Figura 4. Grupos de interés implicados (fuente: el autor)	5
Figura 5. Tipos de residuos (fuente: el autor).....	6
Figura 6. Resumen de las dimensiones estructurales y las categorías analíticas (fuente: Böckel et al., 2020, p. 532)	11
Figura 7. Comparación de las soluciones existentes basadas en Blockchain propuestas para la gestión de residuos en las ciudades inteligentes (fuente: Ahmad et al., 2021, p. 9)	11
Figura 8. Proceso de inicio de un proyecto Blockchain (fuente: el autor)	15
Figura 9. Flujo de información en los procesos basados en Blockchain (fuente: el autor)	16
Figura 10. Convencer a la dirección con los KPI (fuente: el autor).....	17
Figura 11. ¿Valor actual neto positivo para todas las partes interesadas? (fuente: Lenz, 2019)	18

Listado de abreviaciones

Abreviación	Definición
GRSU	Gestión de Residuos Sólidos Urbanos
B2B	De empresa a empresa
B2C	De empresa a consumidor
C2C	De consumidor a consumidor
P2C	De la administración pública al consumidor
P2B	De la Administración pública a las empresas
ONG	Organización no gubernamental
IoT	Internet de las cosas
IA	Inteligencia Artificial

Resumen ejecutivo

La búsqueda de proyectos de Blockchain en la gestión de residuos en todo el mundo condujo a 20 casos de uso. Los casos se identificaron mediante una búsqueda en Internet. Los resultados muestran que la mayoría de los proyectos basados en Blockchain en la gestión de residuos tienen su origen en los Estados Unidos. Sorprendentemente, sólo hay seis proyectos de Europa, tres de ellos en los Países Bajos. Sólo se encontró un proyecto fuera de América o Europa, que estaba en la India. Mientras que la mayoría de los proyectos fueron iniciados por particulares o por start-ups fundadas por particulares, sólo hay unos pocos que fueron creados por grandes empresas como Dell, BASF o Nestlé. Sólo hay un proyecto iniciado por una ONG y otro por una institución pública. Pero no hay ni un solo proyecto de Blockchain en la gestión de residuos municipales ni en Europa ni en Estados Unidos.

El escaso número de proyectos Blockchain en todo el mundo indica que el proceso de difusión de la tecnología Blockchain en el sector de los residuos está todavía en sus inicios. La mayoría de los proyectos son pequeños pilotos que sirven para probar las posibilidades y aprender. Los proyectos no han madurado hasta convertirse en un caso de negocio, sino que aún se encuentran en estado de prueba de concepto. La excepción es el Banco de Plástico, que ha alcanzado un alto grado de profesionalidad con el gran número de apoyos del lado empresarial. Sin embargo, no se trata de un caso de negocio, ya que es una organización sin ánimo de lucro.

La mayoría de los casos de uso aplican la Blockchain como una base de datos de transacciones que puede, de forma irrevocable y a prueba de manipulaciones, registrar los flujos de materiales en una cadena de valor en un orden cronológico utilizando sellos de tiempo. La ventaja es que todos los participantes de la red tienen la misma información al mismo tiempo. Dado que el objeto físico debe ser identificado digitalmente y replicado por un gemelo digital, esto es más fácil con un tipo específico de residuos (vidrio o papel, etc.) que con los residuos no clasificados.

Una vez más, lamentablemente, no aparecen en ningún estudio proyectos de Blockchain de empresas de gestión de residuos municipales. Parece que este sector, a pesar de su importancia central para la economía circular, aún no ha llegado a la fase conceptual de probar la tecnología Blockchain. O dicho de otro modo, la difusión de las innovaciones tecnológicas parece llevar más tiempo en el sector público.

1 Introducción

1.1 Breve descripción del proyecto

Este estudio comparativo forma parte del proyecto BlockWASTE, que es un proyecto Erasmus Plus financiado por la UE. El proyecto pretende abordar la interoperabilidad entre la gestión de residuos y la tecnología blockchain y promover su correcto tratamiento a través de la formación educativa, de manera que los datos recogidos se compartan dentro de un entorno seguro, donde no haya lugar a la incertidumbre y desconfianza entre todas las partes implicadas en las cadenas o ciclos de residuos.

Para ello, los objetivos del proyecto BlockWASTE son los siguientes

- Realizar una investigación sobre los residuos sólidos generados en las ciudades y su gestión, de forma que se pueda crear una base de información de buenas prácticas que ayude a reintroducir los residuos en la cadena de valor, promoviendo la idea de Ciudades Circulares Inteligentes.
- Identificar los beneficios de la Tecnología Blockchain dentro del proceso de gestión de residuos sólidos urbanos (RSU).
- Crear un plan de estudio que apoye la formación de profesores y profesionales de organizaciones y empresas del sector, en la superposición de los campos de la Gestión de Residuos, la Economía Circular y la tecnología Blockchain.
- Desarrollar una herramienta interactiva basada en la tecnología Blockchain, que permita poner en práctica la gestión de los datos obtenidos de los residuos urbanos, visualizando así la forma en que se implementan los datos en la Blockchain y permitiendo a los usuarios evaluar diferentes formas de gestión

Más información en la web del proyecto BlockWASTE <https://blockwasteproject.eu>.

1.2 Objetivos y enfoque metodológico

El objetivo de este estudio es aprender del análisis de los ejemplos de mejores prácticas en la gestión de residuos para su futura aplicación en el sector municipal. La atención se centra en los problemas que la tecnología blockchain puede resolver principalmente. Blockchain es una tecnología transversal y puede utilizarse para una gran variedad de fines. En segundo lugar, las características estructurales de los casos de uso también pueden ser de interés, por ejemplo, si un caso es una solución puramente comercial para empresas, es decir, B2B, o una solución de empresa a consumidor (B2C) o C2C, o si está involucrado un municipio o una administración pública, es decir, P2C o P2B. El análisis también debe revelar en qué segmento, o para qué tipo de residuos (municipales o industriales, o sólo una categoría específica de residuos como el vidrio, los plásticos o el papel) podrían encontrarse la mayoría de los casos de uso.

Aplicaciones de Blockchain para la gestión de residuos
1. Análisis del caso de uso de Blockchain en la gestión de residuos Definición de categorías para el cribado Resultados del cribado Ejemplos de buenas prácticas
2. Comparación de los resultados con otros estudios
3. Conclusión y aprendizaje
4. Orientación para iniciar un proyecto Blockchain

Figura 1. Estructura del estudio (fuente: el autor)

El estudio comienza con una descripción de las características generales de las aplicaciones de Blockchain encontradas en la gestión de residuos. A partir de ahí, se definen las categorías para el cribado y se presentan e interpretan los resultados del mismo. Por supuesto, es cuestionable que los resultados de un número limitado de casos de uso (20 casos) sean significativos. En consecuencia, los resultados se comparan con otros estudios sobre aplicaciones de Blockchain y se analizan en busca de similitudes y diferencias. Por último, se resumen los resultados básicos y se presentan las principales conclusiones.

2 Análisis de casos de uso de Blockchain en la gestión de residuos

2.1 Características de los casos de uso

La búsqueda de proyectos de Blockchain en la gestión de residuos en todo el mundo condujo a 20 casos de uso. Los casos se identificaron mediante una búsqueda en Internet. Los resultados muestran que la mayoría de los proyectos basados en Blockchain en la gestión de residuos tienen su origen en los Estados Unidos. Sorprendentemente, sólo hay seis proyectos de Europa, tres de ellos en los Países Bajos. Sólo se encontró un proyecto fuera de América o Europa, que estaba en la India. Mientras que la mayoría de los proyectos fueron iniciados por particulares o por start-ups fundadas por particulares, sólo hay unos pocos que fueron creados por grandes empresas como Dell, BASF o Nestlé. Sólo hay un proyecto iniciado por una ONG y otro por una institución pública. Estos resultados muestran que hay una mayor demanda de soluciones sostenibles de gestión de residuos con Blockchain en la industria. Los proyectos iniciados por particulares ponen de manifiesto que una fuerza motriz de un proyecto suele definir su éxito, mientras que los proyectos creados por empresas ya establecidas proporcionan suficiente financiación para la investigación y la experiencia. Los casos de uso se enumeran con una breve descripción y fuentes de Internet en el apéndice.

El número relativamente pequeño de proyectos documenta que las aplicaciones de Blockchain en este ámbito son todavía muy nuevas y que el conocimiento sobre las opciones de aplicación de Blockchain aún no ha llegado por completo al sector de los residuos. Debido al alcance mayoritariamente reducido de los proyectos en cuanto al número de participantes o a la estrecha restricción espacial a pequeñas regiones de prueba, cabe suponer que la mayoría de los proyectos son aplicaciones de prueba de concepto. Por lo general, se desarrolla un prototipo para pruebas y aprendizaje, y se lleva a cabo una simulación del proceso. Ninguno de los proyectos enumerados se ha introducido ya en el mercado como caso de negocio con clientes reales.

2.2 Predefinición de un conjunto de categorías para el cribado

Para filtrar los casos de uso encontrados (y responder a la pregunta 1) es importante predefinir las categorías de aplicación. Los proyectos se agrupan en función de cinco categorías de aplicación:

1. "Documentación de productos" incluye aquellos proyectos que utilizan la tecnología Blockchain como una base de datos más o menos estática para la documentación. Por ejemplo, los productores podrían almacenar en la Blockchain los pasaportes de materiales o las instrucciones de reparación, etc. de sus productos.
2. "Certificación y registro" contiene casos en los que la tecnología Blockchain se utiliza como herramienta para el registro público de productores o productos y la certificación de instituciones públicas. También es concebible que organizaciones privadas o de la sociedad civil utilicen la Blockchain para emitir etiquetas de productos (ecoetiquetas, etc.) y certificados.
3. "La trazabilidad y el seguimiento de los flujos" dentro de la cadena de suministro y de residuos incluye todos los proyectos que utilizan la tecnología Blockchain como base de datos para registrar las transacciones en orden cronológico con una marca de tiempo y para registrar los flujos de materiales y de pagos. Se trata de la

documentación de un proceso dinámico con transacciones a lo largo del tiempo. Por lo tanto, aquí la atención se centra en los beneficios de la base de datos de transacciones.

4. "Tokenización" incluye proyectos que utilizan la tecnología Blockchain para generar valores digitales para diseñar un sistema de incentivos o para generar tokens que contienen derechos de uso para la utilización conjunta de objetos.
5. "Automatización de procesos mediante contratos inteligentes, IoT e IA" incluye proyectos que utilizan la tecnología Blockchain para automatizar procesos mediante contratos inteligentes, dispositivos de Internet de las Cosas y análisis de datos de IA.

Dado que la tecnología Blockchain puede realizar múltiples funciones dentro de un proyecto, todos los proyectos pueden ser asignados a múltiples categorías simultáneamente.

Se definieron otras categorías para el proceso de selección de casos de uso como:

- a. el grupo de interesados, es decir, si un proyecto es un caso B2B, B2C, C2C, P2B o un caso P2C y
- b. el tipo de residuos: residuos municipales (residuos sólidos), residuos industriales, vidrio, plásticos, alimentos o residuos de prescripción

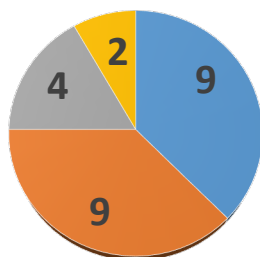
2.3 Resultado del cribado



Figura 2. Resultados del cribado "Aplicación de la cadena de bloques" (fuente: el autor)

De los veinte proyectos evaluados, dieciocho pueden clasificarse como utilizados para la localización y el seguimiento. Aquí es importante decir que al categorizar los proyectos, eran posibles múltiples respuestas. Aun así, casi todos los proyectos hacen uso de Blockchain como tecnología que apoya el seguimiento de los flujos de materiales a lo largo de la cadena de suministro. La función de seguimiento de la tecnología Blockchain aparece con mayor frecuencia en combinación con la certificación o documentación de los flujos de material. Esto se debe probablemente al hecho de que el proceso de seguimiento del movimiento de material a lo largo de la cadena de suministro/residuos va de la mano no sólo de la documentación de dicho flujo, sino que facilita la emisión de certificados o etiquetas que verifican el lugar de origen, etc.

Combinaciones de aplicaciones con trazado y seguimiento



- Trace and Track + Product Documentation
- Trace and Track + Certification
- Trace and Track + Tokenization
- Trace and Track + Process Automation

Figura 3. Uso de la función de rastreo para un segundo propósito (fuente: el autor)

El uso de estas funciones de las tecnologías Blockchain, principalmente, puede explicarse observando las partes implicadas en los diferentes proyectos. La mayoría de los proyectos están dirigidos a las relaciones B2B. Esto, junto al hecho de que la mayoría de los proyectos fueron iniciados por corporaciones o start-ups, lleva a la conclusión de que existe un fuerte interés por parte de ciertas industrias en aprovechar las tecnologías Blockchain para aumentar la rentabilidad. En las transacciones entre empresas, la verificación y documentación de los flujos y movimientos de materiales a lo largo de la cadena de suministro es indispensable. Mediante el uso de la tecnología Blockchain, el proceso de documentación, seguimiento y certificación puede ejecutarse automáticamente sin necesidad de mano de obra. Curiosamente, todos los proyectos se centran en las relaciones B2B o B2C. Sólo dos proyectos prestan atención a diferentes relaciones comerciales, a saber, B2P y C2C.



Figura 4. Grupos de interés implicados (fuente: el autor)

Cuanto más desordenados e indiferenciados sean los residuos, más difícil será su seguimiento mediante sensores, cámaras o aplicaciones de IA. Cuanto más específicos son los residuos, como los plásticos, el vidrio o el papel, más fácil es establecer un sistema de seguimiento para controlar el flujo de material. Una criba de los casos de uso de Blockchain según los tipos de residuos dio como resultado el siguiente cuadro:



Figura 5. Tipos de residuos (fuente: el autor)

La mayoría de los proyectos se ocupan de los residuos municipales, los industriales o los plásticos, ya que son los más perjudiciales para el medio ambiente (plásticos) o los más fáciles de obtener recursos (industriales).

2.4 Tres ejemplos de buenas prácticas

Los siguientes tres ejemplos de mejores prácticas destacan por las valiosas asociaciones con empresas u organizaciones que ya trabajan en el ámbito de la economía circular o la cadena de bloques, que garantizan la financiación y la experiencia. Además, los ejemplos de mejores prácticas seleccionados son inspiradores, ya que sus aplicaciones de blockchain, como su enfoque de rastreo y seguimiento o su tokenización, podrían ser transferibles a otras áreas de la gestión de residuos.

Excess Material Exchange (EME) es una empresa emergente de tecnología B2B que identifica, clasifica y compara los residuos de la industria. El cotejo de residuos no sólo permite una mayor transparencia de los pasaportes de recursos y la localización y el seguimiento, sino que también evalúa los costes financieros y medioambientales. Esto asegura una información fiable sobre la menor huella ecológica con menores costes. Con su página web, clara y transparente, es fácil seguir el impacto de EME. El proyecto es inspirador, ya que combina la identificación y la evaluación del exceso de material con la reutilización del material de la manera más eficiente, utilizando diferentes características de blockchain, como un pasaporte de recursos y contratos inteligentes automatizados para el emparejamiento.

RemediChain es un proyecto de Blockchain cuyo objetivo es reducir el desperdicio de recetas. Fundado inicialmente por una farmacia y una universidad, su grupo de partidarios

ha crecido rápidamente en el pasado. RemediChain utiliza la tecnología Blockchain para rastrear y seguir la pista a los medicamentos recetados por particulares que ya no se necesitan o no se quieren, recogerlos y redistribuirlos a personas que los necesitan pero que no pueden permitirse comprarlos de la forma habitual. Si un individuo no está seguro de cómo deshacerse de los residuos de las recetas, el proyecto también ofrece recogerlos y eliminarlos de forma ecológica. Aunque las formas en que se utiliza la tecnología Blockchain aquí son bastante comunes, el impacto que crea el proyecto es enorme. Ha encontrado una solución sostenible a un problema de residuos muy específico y, al hacerlo, está ayudando a personas necesitadas.

Plastic Bank es una startup social B2C con sede en Canadá que construye ecosistemas de reciclaje en países en desarrollo. Establece puntos de recogida obligatorios y ofrece un precio único por los residuos de plástico. Los recolectores de plásticos reciben recompensas por el material que recogen, que pueden utilizar para necesidades básicas como la alimentación. A través del Blockchain de Plastic Bank, todas las transacciones se almacenan para que los recolectores reciban el valor exacto que les corresponde. Por otra parte, además de la trazabilidad, la Blockchain permite la transparencia y la rápida escalabilidad. El proyecto es inspirador porque el sistema de incentivos de Plastic Bank podría ser transferible al ámbito de los residuos municipales.

3 Comparación de los resultados con los de otros estudios

Ambos temas, la tecnología Blockchain y la economía circular, son relativamente nuevos, al menos desde el punto de vista académico, por lo que hay pocos estudios sobre la aplicación de Blockchain en la economía circular. El ámbito de la gestión de residuos dentro de la economía circular es aún más específico y limita aún más el escaso número de estudios.

3.1 Estudio de PwC 2018 - 65 casos de uso de Blockchain para el medio ambiente

En 2018 PwC (2018) publicó un estudio titulado "Building block(chain)s for a better planet: Fourth Industrial Revolution for the Earth Series" basado en el análisis de 65 casos de uso de Blockchain para el medio ambiente. "Las soluciones de casos de uso de Blockchain que son particularmente relevantes a través de las aplicaciones ambientales tienden a agruparse en torno a los siguientes temas transversales: permitir la transición a sistemas descentralizados más limpios y eficientes; el comercio de recursos o permisos entre pares; la transparencia y la gestión de la cadena de suministro; los nuevos modelos de financiación para los resultados ambientales; y la realización del valor no financiero y el capital natural."

Tras analizar los 65 casos de uso, PwC identifica 8 beneficios principales de las aplicaciones de Blockchain para el medio ambiente. La siguiente tabla los resume brevemente.

Tabla 1. Resultados de PwC en un vistazo (fuente: PwC, 2018)

<p>1. Ver a través de las cadenas de suministro</p> <p>Los datos de las transacciones a lo largo de la cadena de suministro se pueden registrar a través de la Blockchain y se puede crear un registro inmutable de la procedencia (es decir, el origen), ofreciendo el potencial de la trazabilidad completa de los productos desde el origen hasta la tienda. Esta transparencia ofrece la oportunidad de optimizar la gestión de la oferta y la demanda, de aumentar la resistencia y, en última instancia, de permitir una producción, una logística y un consumo más sostenibles.</p>
<p>2. Gestión de recursos descentralizada y sostenible</p> <p>Blockchain podría iniciar una transición fundamental hacia sistemas globales de servicios públicos distribuidos. Las plataformas podrían cotejar los datos distribuidos sobre los recursos (por ejemplo, los datos sobre el agua y la energía a nivel doméstico procedentes de sensores inteligentes) para acabar con la actual asimetría de información que existe entre las partes interesadas, permitiendo una toma de decisiones más informada -e incluso descentralizada- con respecto al diseño del sistema y la gestión de los recursos.</p>
<p>3. Recaudación de billones: nuevas fuentes de financiación sostenible</p> <p>El empleo de plataformas financieras basadas en Blockchain podría revolucionar el acceso al capital y desbloquear el potencial de nuevos inversores en proyectos que aborden los retos medioambientales, desde la inversión a nivel minorista en proyectos de infraestructuras verdes hasta las donaciones benéficas para los países en desarrollo.</p>
<p>4. Incentivar las economías circulares</p> <p>Si se aprovecha de la manera correcta, Blockchain podría cambiar fundamentalmente la forma en que se valoran los materiales y los recursos naturales, incentivando a las personas,</p>

las empresas y los gobiernos para desbloquear el valor financiero de las cosas que actualmente se desperdician, se desechan o se tratan como económicamente invaluables. Esto podría impulsar un cambio de comportamiento generalizado y ayudar a hacer realidad una economía verdaderamente circular.

5. Transformación de los mercados de carbono (y otros mercados medioambientales)

Las plataformas Blockchain podrían aprovecharse para utilizar tokens criptográficos con un valor negociable para optimizar las plataformas existentes de gestión de créditos de carbono (u otras sustancias) y crear nuevas oportunidades para las transacciones de créditos de carbono.

6. Seguimiento, información y verificación de la sostenibilidad de próxima generación

Blockchain tiene el potencial de transformar tanto los informes como la verificación de la sostenibilidad, ayudando a las empresas a gestionar, demostrar y mejorar su rendimiento, al tiempo que permite a los consumidores e inversores tomar decisiones mejor informadas.

7. Preparación automática ante catástrofes y ayuda humanitaria

Las soluciones de blockchain podrían ser transformadoras en cuanto a su capacidad para mejorar la preparación ante las catástrofes y la eficacia del socorro

8. Plataformas de gestión de la Tierra

Las nuevas plataformas geoespaciales habilitadas por Blockchain están en las primeras fases de exploración y podrían supervisar, gestionar y habilitar mecanismos de mercado que protejan los bienes comunes del medio ambiente mundial, desde la vida en la tierra hasta la salud de los océanos.

Si los resultados de PwC se reducen a las principales ventajas de las aplicaciones de Blockchain, ignorando las ventajas específicas del sector mencionadas, como las nuevas oportunidades de financiación, la transformación del mercado de CO₂, la preparación automática ante desastres y la plataforma de gestión de la tierra, quedan cuatro ventajas principales: la trazabilidad de los flujos de materiales en las cadenas de suministro, la descentralización, la incentivación y el seguimiento, la notificación y la verificación. Estos resultados coinciden en gran medida con los resultados de la selección y los resultados del análisis anterior sobre el potencial de las aplicaciones de Blockchain en la gestión de residuos.

3.2 Climate-KIC - 2019 - 14 aplicaciones de Blockchain orientadas a los materiales

En 2019 Climate-KIC (2019) analizó 14 aplicaciones existentes de Blockchain orientadas a los materiales sobre la base del siguiente conjunto de categorías:

Tabla 2. Conjunto de categorías utilizadas por Climate KIC (fuente: Climate-KIC, 2019)

Mejora de la eficiencia de los recursos

Hacer atractivos los modelos de economía colaborativa eliminando intermediarios y/o creando un sistema de identidad basado en Blockchain.

Permitir la financiación directa de proyectos sostenibles

Seguimiento de los recursos

Registrar las transacciones de forma abierta, indefinida e inmutable, aumentando la transparencia y la confianza en la información proporcionada.

Para empoderar a los consumidores en sus decisiones de consumo.

Precios de los recursos

Crear plataformas de gestión de créditos más eficientes.

Crear un sistema de tope y comercio considerablemente automatizado con contratos inteligentes contra los políticos que persiguen sus agendas políticas.

Moneda complementaria

Crear sistemas de contabilidad financiera y macroeconómica con reglas diferentes a los sistemas monetarios actuales.

Según el informe de Climate-KIC (2019, p. 15), la mayoría de los casos de uso "...se concentran en el uso de moneda complementaria o "moneda" para recompensar a las partes interesadas por participar en varias etapas del proceso de reciclaje o recuperación de residuos. Además, hay varias aplicaciones de Blockchain diseñadas para mejorar la eficiencia de los recursos y rastrear los recursos a lo largo de las cadenas de valor para aumentar la recuperabilidad de los materiales de desecho. Sin embargo, se observa que sólo una aplicación Blockchain (Cycled, Noruega) que se considera lo suficientemente cercana a la fijación de precios de los recursos de residuos - supuestamente el mecanismo más rentable para lograr la economía circular."

Los resultados del análisis de 14 casos de uso en el ámbito de la gestión de residuos muestran que hay dos motivos que están a la cabeza de las aplicaciones de Blockchain: los sistemas de recompensa e incentivos a través de monedas y tokens, y el seguimiento de los flujos de recursos. No es de extrañar que estos resultados coincidan con los del cribado, ya que la mitad de los casos de uso considerados se encuentran en ambos estudios (Climate-KIC 2019 y PwC 2018), a pesar de que las investigaciones se realizaron de forma independiente y en momentos diferentes.

3.3 Böckel/Nuzum/Weissbrod - 2020 - 12 casos de uso de Blockchain en la economía circular

En 2020 Böckel, Nuzum y Weissbrod (2020) publicaron un artículo titulado "Blockchain for the Circular Economy: Analysis of the Research-Practice Gap". El análisis reveló 12 casos de uso diferentes. Clasificados por frecuencia, los 12 casos de uso abarcaban los pasaportes de materiales, el seguimiento de activos, los tokens, los incentivos de comportamiento, los contratos inteligentes y los mecanismos de confianza, entre otros. Esto confirma los resultados del cribado de los casos de uso, aunque los resultados no sean directamente comparables, ya que el estudio de Böckel et al. (2020) se refiere a la economía circular en general y no específicamente a la gestión de residuos. Sin embargo, los demás resultados del análisis de 30 artículos de investigación académica (artículos en revistas, etc.) y 27 artículos prácticos son también interesantes y se resumen en la tabla que se muestra a continuación (Figura 6).

Table 6
Overview of structural dimensions and analytical categories.

Structural dimensions	Analytical coding categories ordered by frequency
Technical properties	1) permissions and data rights, 2) technical properties of specific use case, 3) combination with other technologies, 4) data processing, 5) brief information about blockchain type
Contexts	1) supply chain, 2) logistics, 3) plastics, 4) construction, 5) manufacturing, 6) waste management, 7) audit, certificates, 8) various, 9) agriculture, food, 10) smart cities, 11) mining, metals, 12) sharing economy, 13) small, medium companies, 14) electronics, 15) retail, 16) green marketing, 17) accounting, 18) life cycle analysis, 19) government, 20) energy, 21) clothing
Use Case	1) material passports, 2) smart contracts, 3) asset tracking, 4) incentivization, 5) cryptocurrency, 6) product deletion, 7) token, 8) credit rating, 9) trust mechanisms, 10) distributed ledger, 11) leasing, 12) escrow
Benefits	1) traceability, 2) security and privacy, 3) multiple, 4) transparency, 5) immutability, 6) efficiency, 7) cost reduction/ profitability, 8) decentralization, 9) new business models, 10) trust/ verification, 11) streamlining/ automatization, 12) increased sustainability, 13) no intermediary, 14) other
Challenges	1) accessibility/ complexity, 2) energy use, 3) security/ privacy, 4) acceptance of the technology, 5) false initial information, 6) scalability, 7) reluctance of sharing information, 8) inefficiency, 9) lacking regulation, 10) lacking maturity of the technology, 11) high costs, 12) risk of centralization, 13) interoperability/ standardization, 14) other
R-Strategies	1) reduce, 2) reuse, 3) recycle, 4) recover

Figura 6. Resumen de las dimensiones estructurales y las categorías analíticas (fuente: Böckel et al., 2020, p. 532)

Llama la atención que las aplicaciones de Blockchain se hayan examinado mayoritariamente en el contexto de la cadena de suministro y la logística, y que la trazabilidad de las mercancías, así como la seguridad y la privacidad de los datos, se consideren las principales ventajas. Estos resultados también coinciden en gran medida con el análisis anterior y con los resultados del cribado.

3.4 Ahmad et al - 2021 - Blockchain para la gestión de residuos en ciudades inteligentes

En 2021 Ahmad, Salah, Jayaraman, Yaqoob y Omar (2021) publicaron un artículo titulado "Blockchain for Waste Management in Smart Cities: A Survey". En él se comparan las soluciones existentes basadas en Blockchain propuestas para la gestión de residuos en ciudades inteligentes, ya sea como casos de uso implementados o como propuestas teóricas en un documento académico. La siguiente tabla resume los resultados de la comparación (Figura 7).

TABLE I
COMPARISON OF THE EXISTING BLOCKCHAIN-BASED SOLUTIONS PROPOSED FOR WASTE MANAGEMENT IN SMART CITIES.

Article	Waste Type	Objectives	Services	Rewards/Penalties
[10]	Electronic Waste	To efficiently manage electronic waste using an Ethereum blockchain platform in 5G-enabled environment	Asset Tracking	Rewards
[38]	Electronic Waste	To investigate the role of blockchain for waste handling in compliance with rules stated in waste management act	Waste Shipment Tracking, Auditability	Both
[64]	General Waste	To track and monitor the flow of waste across the borders in a way that is transparent	Waste Shipment Tracking, Auditability	N/A
[66]	General Waste	To connect all participants and track the waste by assuring waste data reporting on a single platform	Waste Tracking, Auditability	N/A
[34]	Medical Waste	To assure that medical waste is handled in compliance with safety rules	Waste Shipment Tracking, Auditability, Transparency	Penalties
[67]	Solid Waste	Employing a blockchain-based system for life cycle assessment of solid materials	Waste Tracking, Policy Implications	N/A
[41]	Agricultural Waste	To transparently provide incentives to the farmers against agricultural waste in waste-to-energy project	Waste to Energy, Auditability	Rewards
[40]	Domestic Waste	To efficiently manage and monitor smart garbage through a blockchain-based system	Waste Frauds, Smart Bins Monitoring	Penalties
[42]	Solid Waste	To develop an Ethereum-based system to securely transfer tokens to users as a reward for participating in waste management activities	Waste Sorting, Transparency	Rewards
[37]	Electronic Waste	To implement a blockchain-based system that can trace the assets throughout their life cycle	Smartphone Tracking	Rewards
[45]	General Waste	To highlight the processes/participants involved in waste management activities using a blockchain based system	Waste Documentation, Waste Shipment Tracking	N/A
[65]	Industrial Waste	To present a conceptual architecture of a system employing blockchain technology for the industrial wastewater management	Water Waste Monitoring, Automation	N/A

Figura 7. Comparación de las soluciones existentes basadas en Blockchain propuestas para la gestión de residuos en las ciudades inteligentes (fuente: Ahmad et al., 2021, p. 9)

Los resultados de este estudio también confirman que las posibilidades de rastreo que se derivan de la interacción entre los dispositivos IoT y Blockchain son de especial relevancia para la gestión de residuos y también para el cumplimiento de la normativa sobre residuos. El seguimiento también parece funcionar independientemente del tipo de residuos subyacente. Esto se debe a que los tipos de residuos en los que se centran las soluciones presentadas aquí son muy heterogéneos. Además del seguimiento, se destaca de nuevo la posibilidad que ofrece la Blockchain de utilizar activos digitales como recompensas o como castigos.

4 Conclusión y aprendizaje

El escaso número de proyectos de blockchain en todo el mundo indica que el proceso de difusión de la tecnología Blockchain en el sector de los residuos está todavía en sus inicios. La mayoría de los proyectos son pequeños pilotos que sirven para probar las posibilidades y aprender. Los proyectos no han madurado hasta convertirse en un caso de negocio, sino que todavía se encuentran en estado de prueba de concepto. La excepción es el Banco de Plástico, que ha alcanzado un alto grado de profesionalidad con el gran número de apoyos del lado empresarial. Sin embargo, no se trata de un caso de negocio, ya que es una organización sin ánimo de lucro.

La mayoría de los casos de uso aplican la Blockchain como una base de datos de transacciones que puede, de forma irrevocable y a prueba de manipulaciones, registrar los flujos de materiales en una cadena de valor en un orden cronológico utilizando sellos de tiempo. La ventaja es que todos los participantes de la red tienen la misma información al mismo tiempo. Dado que el objeto físico debe ser identificado digitalmente y replicado por un gemelo digital, esto es más fácil con un tipo específico de residuos (vidrio o papel, etc.) que con los residuos no clasificados.

Es interesante que la opción de rastreo y seguimiento se utilice principalmente para la documentación de un proceso, es decir, para la auditoría y la certificación. Esto refleja probablemente la gran demanda de los consumidores de transparencia en la cadena de suministro de los productos. Por otro lado, es sorprendente el escaso número de casos de tokens en relación con la función de seguimiento y localización, ya que la combinación de ambas es prometedora. Los tokens utilizados como incentivos y el trace-and-track que mide los cambios de comportamiento resultantes de los incentivos son procesos óptimos. El Banco de Plástico puede servir de ejemplo de buena práctica en este sentido, que intercala de forma óptima ambas funciones.

Sin embargo, los demás estudios también muestran la gran importancia de las aplicaciones de tokens para diseñar sistemas de incentivos y recompensas. Cuando se trata de sistemas de recompensa entre pares, la Blockchain como infraestructura descentralizada para transferir valores digitales dentro de una red P2P, combinada con contratos inteligentes para automatizar el pago, es ideal.

La mayoría de las aplicaciones de Blockchain son proyectos empresariales, en su mayoría aplicaciones B2B, que probablemente no utilizan una Blockchain pública sino privada con derechos de acceso y transparencia limitados. Algunas ONG del sector medioambiental también han diseñado proyectos, sobre todo a nivel local, y utilizan la función de tokens para recompensar los comportamientos respetuosos con el medio ambiente. Desgraciadamente, en ningún estudio aparecen proyectos de Blockchain de empresas de gestión de residuos municipales. Parece que este sector, a pesar de su importancia central para la economía circular, aún no ha llegado a la fase conceptual de probar la tecnología Blockchain. O dicho de otro modo, la difusión de las innovaciones tecnológicas parece llevar más tiempo en el sector público.

Pero tanto el público como los gestores municipales de residuos no deberían dejar el campo libre a las organizaciones de responsabilidad del productor que trabajan en el esquema de responsabilidad ampliada del productor cuando se trata de Blockchain. El Blockchain permite la transparencia y, por lo tanto, es ideal para superar la asimetría de información

imperante entre consumidores, reutilizadores, reparadores, recicladores y productores. En el requisito de interacción colaborativa entre esos socios de la red, la Blockchain tiene más el carácter de una infraestructura pública que funciona bien cuando todos se benefician de su uso.

5 Orientaciones generales para iniciar un proyecto de Blockchain

El desarrollo y la implementación de un proyecto Blockchain consiste en gran medida en el trabajo de gestión del cambio y de los procesos. Al contrario de lo que se espera, la selección de la solución técnica de Blockchain desempeña un papel secundario. La comunicación intensiva, la comprensión de los intereses de los demás, llevar al personal y a las partes interesadas y convencerlos, explicar las posibilidades técnicas de la Blockchain en términos sencillos: estos son los componentes del éxito de un proyecto y para la selección de los miembros del equipo del proyecto (Lenz, 2019).

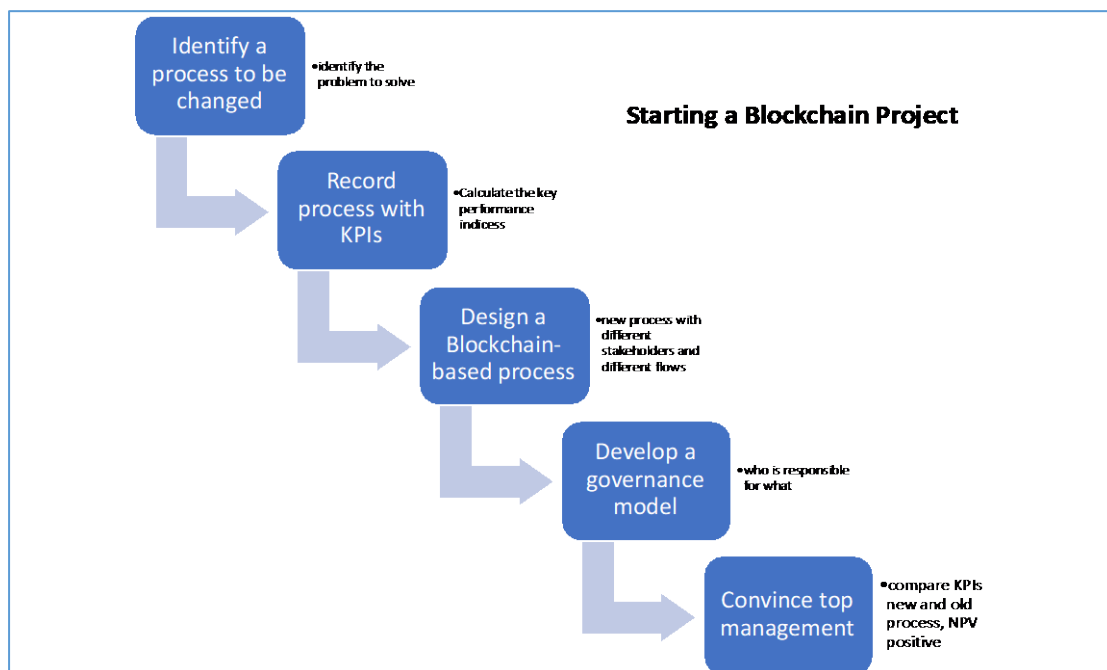


Figura 8. Proceso de inicio de un proyecto Blockchain (fuente: el autor)

Identificación del proceso adecuado

Los proyectos de Blockchain son adecuados para procesos descentralizados con un mayor número de participantes externos, para los que es absolutamente esencial obtener información fiable sobre el estado de un proyecto o proceso en todo momento. Seguramente todo directivo de una empresa o de su organización conoce este tipo de procesos de cooperación con multitud de socios externos. Por lo general, estos procesos interorganizativos se caracterizan por un elevado número de fracasos, plazos de entrega muy largos, elevados costes de seguimiento y una gran insatisfacción de los implicados en este proceso. Para identificar un proceso adecuado es necesario un cambio de perspectiva: Desde una visión intraorganizativa hacia una perspectiva interorganizativa entendiendo los intereses de todas las partes implicadas.

Registrar el proceso con indicadores clave de rendimiento

Una vez identificado el proceso, el siguiente paso es registrar el flujo de trabajo y los indicadores clave de rendimiento del proceso actual. Se podría suponer que todas las empresas ya han optimizado sus procesos mediante un software de gestión de procesos

empresariales. A menudo es así, pero la información relacionada se basa únicamente en datos internos de la empresa y sólo dentro de los límites de una empresa individual. La mayoría de los procesos nunca se han optimizado en su conjunto para todos, incluidos los socios externos.

El registro de todo el proceso con sus indicadores clave de rendimiento difícilmente puede ser llevado a cabo por una sola organización y requiere la cooperación de todos los participantes. Se recomienda registrar el proceso con un software sencillo sin un alto grado de detalle y limitar la selección de indicadores a los más importantes, para que el proceso de coordinación y la cantidad de trabajo sigan siendo manejables.

Diseño de un proceso basado en Blockchain

Este es el principal reto. La tecnología de libro mayor distribuido permite resolver problemas completamente nuevos y, por lo tanto, requiere no sólo un profundo conocimiento de las posibilidades tecnológicas, sino también la capacidad de pensar "fuera de la caja". En el diseño del proceso hay que tener en cuenta tres flujos: el flujo de información, el flujo de materiales y el flujo de pagos. El flujo de información tendrá un aspecto completamente diferente en un proceso basado en Blockchain, ya que se supera la linealidad del flujo de información, que provoca muchos retrasos e ineficiencias. Todos los participantes tienen la misma información sobre el progreso del proyecto al mismo tiempo. Para los participantes de una economía circular, el patrón aproximado podría parecerse a la Fig. 9.

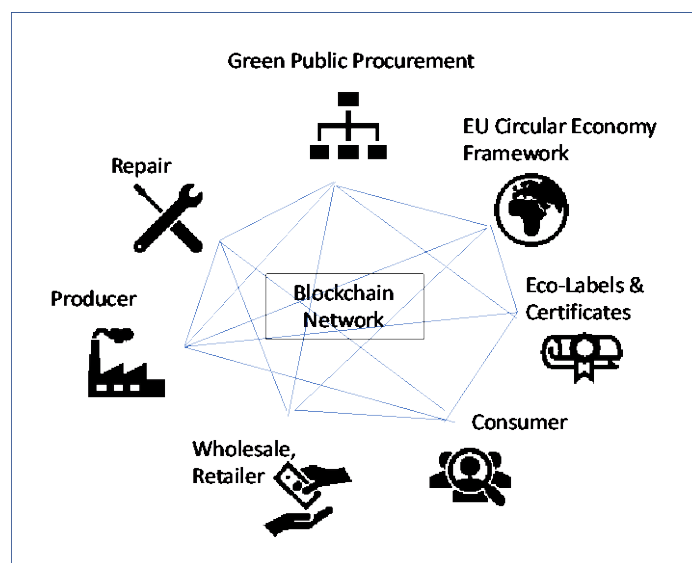


Figura 9. Flujo de información en los procesos basados en Blockchain (fuente: el autor)

Desarrollo de un modelo de gobernanza

Esta es sin duda la parte más importante del proceso de colaboración. Hay que crear una estructura de gobernanza que sea compartida por todas las partes interesadas. En última instancia, se trata de las jerarquías y la distribución del poder. ¿Todas las empresas participantes trabajan juntas con los mismos derechos como propietarias de un proceso, o los derechos están centralizados en un pequeño círculo de empresas o distribuidos sólo dentro de una empresa?

A este respecto, deben abordarse principalmente las siguientes cuestiones

- ¿Quién determina la participación en el proceso empresarial?
- ¿Quién distribuye los derechos de lectura y escritura a los participantes en la base de datos Blockchain?
- ¿Cómo se valida una nueva entrada en la Blockchain, automáticamente a través de un algoritmo, como Proof of Work, o de forma más centralizada a través de Proof of Stake o Proof of Authority? La decisión sobre el mecanismo de consenso determina tanto la escalabilidad como la latencia de dicho proceso. Como escriben Wüst y Gervais (2018, p. 2): "En los sistemas centralizados, el rendimiento en términos de latencia y rendimiento es generalmente mucho mejor que en los sistemas Blockchain, ya que los Blockchains añaden una complejidad adicional a través de su mecanismo de consenso."
- ¿Los cambios en el flujo del proceso se aprueban mediante un acuerdo común y democrático entre los participantes o a través de la jerarquía de la empresa con mayor capital?
- ¿Cómo se supervisa el proceso? ¿Existen soluciones institucionalizadas para las disputas entre los participantes?

Será difícil para las empresas muy jerárquicas y de gestión centralizada comprometerse con un modelo de gobernanza en el que cada participante tiene casi los mismos derechos. Pero las ventajas económicas de la solución Blockchain solo pueden lograrse si los elevados costes de la supervisión centralizada por parte de una persona se sustituyen por un sistema de incentivos autocontrolado y descentralizado y por la transparencia (Lenz, 2019).

Convencer a la alta dirección

En última instancia, la decisión de convertir procesos complejos hacia una base de datos de transacciones basada en Blockchain con un gran número de interfaces externas siempre será tomada por la junta ejecutiva de la empresa. El argumento decisivo a favor de probar la tecnología será, en última instancia, la perspectiva de un considerable ahorro de costes y un aumento de los beneficios. Así que los indicadores clave de rendimiento del proceso actual tienen que compararse con los del nuevo proceso diseñado con Blockchain.

Key Performance Indicators	Current	Blockchain
no. of data interfaces, intermediaries, means of communication, persons involved		
Cycle time (planned, accuracy)		
Total inventory days of supply		
Cash-to-cash cycle time -> needed working capital		
Supplier fill rate -> actual delivery rate versus requested delivery rate		
On time departure from manufacturing subsidiaries to OEM		
Forecast accuracy, forecast volatility		
Monitoring and management costs		

Figura 10. Convencer a la dirección con los KPI (fuente: el autor)

La Junta también quiere tener respuestas a la cuestión de los costes de la migración, es decir, los costes derivados de la conversión del proceso existente. El ahorro futuro que ofrece un proceso de Blockchain de nuevo diseño debe superar claramente los costes de la conversión del proceso, de lo contrario no valdría la pena esa inversión. Sin embargo, en una situación en la que todos salgan ganando, el valor neto actual de dicha inversión debe ser positivo para cada una de las partes implicadas en el proceso.

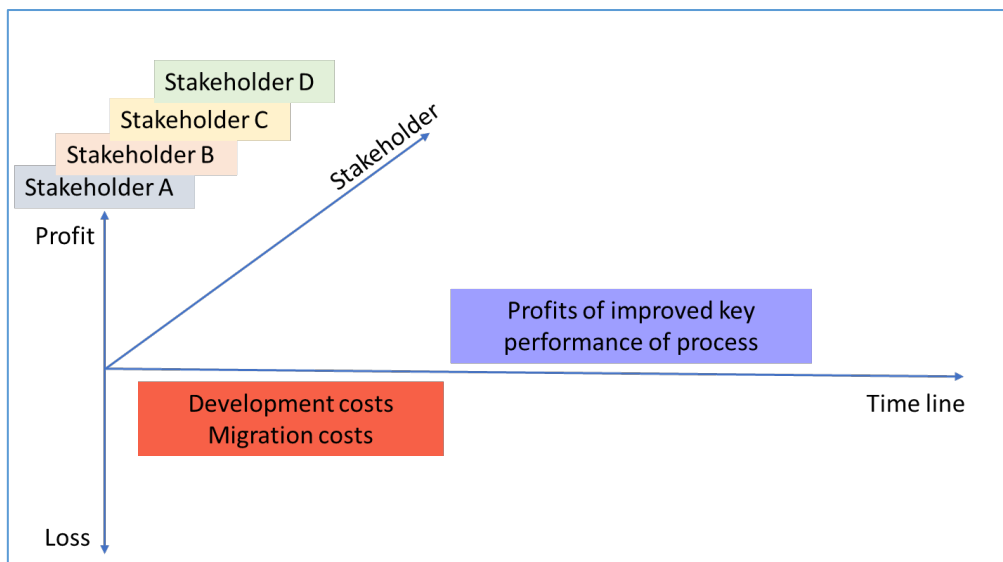


Figura 11. ¿Valor actual neto positivo para todas las partes interesadas? (fuente: Lenz, 2019)

Si para cada parte interesada los beneficios futuros esperados superan los costes iniciales de la transformación del proceso, entonces la dirección respectiva puede decidir llevar a cabo esta inversión o proyecto. Por supuesto, la tecnología Blockchain es relativamente nueva y las partes interesadas potenciales carecen de experiencia. Naturalmente, esto crea una incertidumbre considerable y un riesgo no despreciable de fracaso de la inversión. En consecuencia, es recomendable comenzar con un pequeño proyecto de simulación que debería ser escalable. En caso de que la prueba tenga éxito, el proyecto podría aplicarse a mayor escala.

6 Referencias

- Ahmad, R. W., Salah, K., Jayaraman, R., Yaqoob, I., & Omar, M. (2021). Blockchain for Waste Management in Smart Cities: A Survey.
- Böckel, A., Nuzum, A.-K., & Weissbrod, I. (2020). Blockchain for the Circular Economy: Analysis of the Research-Practice Gap. *Sustainable Production and Consumption*.
- Climate-KIC, e. (2019). *Market Analysis for Plastic waste recovery by regional blockchain networks*. Obtenido de <https://ecircular.climate-kic.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/02/Market-Analysis-for-Plastic-waste-recovery-by-regional-blockchain-networks.pdf>
- Lenz, R. (2019). Managing Distributed Ledgers: Blockchain and Beyond. Obtenido de <https://ssrn.com/abstract=3360655>
- PwC. (2018). Building bock(chain)s for a better planet: Fourth Industrial Revolution for the Earth Series. Obtenido de <https://www.pwc.com/gx/en/sustainability/assets/blockchain-for-a-better-planet.pdf>
- Wüst, K., & Gervais, A. (2018). *Do you need a Blockchain?* Paper presented at the 2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT).

Apéndice

List of screened use cases of Blockchain application in waste management

No.	Projectname	Country	Blockchain-Category	Stakeholder	Type of Waste
1	Agora Tech Lab	NL	(3)Trace and Track (4)Tokenization	B2B	Municipal waste
2	Plastic Bank Recycling Corporation	CA	(3)Trace and Track (4)Tokenization	B2B, B2C	Plastic waste
3	Provenance	US	(1) Documentation (3)Trace and Track	B2C	/
4	Recereum	IN	(3)Trace and Track (4)Tokenization	B2B, B2C	Municipal waste
5	Swachhcoin	NL	(3)Trace and Track (5) Process automation	B2B	Municipal waste Industrial waste
6	EU Waste Transportation on Blockchain	NL	(3)Trace and Track	B2B	All types of waste
7	RecycleGO	US	(2) Certification (3) Trace and Track		Industrial waste
8	NVZN-token	US	(2) Certification (3) Trace and Track (4) Tokenization	B2B	Industrial waste
9	Naturipe	US	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2C	Food waste
10	RemediChain	US	(1) Documentation (3) Trace and Track	B2C, C2C	Prescription waste
11	Recycling Traceability System (RTS by EOW)	US	(2) Certification (3) Trace and Track	B2B	Glass waste
12	Recycling Traceability System (RTS by EOW)	US	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B	Glass waste
13	Dell Technologies, VMware	US	(1) Documentation (3) Trace and Track	B2C	Plastic waste
14	Food Trust	US	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track (5) Process automation	B2B	Food waste
15	ReciChain	CA	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B, B2P	Municipal waste
16	Recycle-to-coin	UK	(1) Documentation (4) Tokenization	B2C	Municipal waste
17	Excess Material Exchange	NL	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B	All types of waste
18	Circularise	NL	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B	Industrial waste (Plastics, Textiles, Metals, Automotive, Electronics & more)
19	Empower	NO	(1) Documentation (2) Certification (3) Trace and Track	B2B	Plastic waste
20	Naturecoin	CA	(4) Tokenization (5) Process automation	B2C	Plastic, Tins, Cans

1. Agora Tech Lab

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Agora Tech Lab	Tony Zhao	NL	(3) Rastreo y seguimiento (4) Tokenización	B2B	Residuos urbanos

La start-up Agora Tech Lab, con sede en Róterdam, pretende crear marcos participativos de gestión de residuos en las ciudades utilizando la tecnología blockchain. En la cadena de bloques se registran todas las transacciones de gestión de residuos. Así, la cadena de bloques se utiliza como una base de datos que rastrea los flujos de materiales en la cadena de residuos. Basándose en el registro de las transacciones, los ciudadanos pueden ser recompensados por el reciclaje de residuos a través de tokens que pueden ser intercambiados por servicios locales (por ejemplo, transporte público gratuito, exenciones fiscales, etc.). Páginas web: [\(1\)](#) [\(2\)](#)

2. The Plastic Bank Recycling Corp (DBA Plastic Bank)

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Plastic Bank Recycling Corp.	David Katz	CA	(3) Rastreo y seguimiento (4) Tokenización	B2C	Residuos de plástico

El Banco del Plástico, con sede en Vancouver (Columbia Británica, Canadá), crea ecosistemas de reciclaje en las comunidades costeras. Los recolectores de plásticos reciben recompensas por el material que recogen, que pueden utilizar para necesidades básicas como la alimentación. A través del blockchain de Plastic Bank, todas las transacciones se almacenan, lo que permite a los recolectores recibir el valor exacto que les corresponde. Por otra parte, además de la trazabilidad, la cadena de bloques permite la transparencia y la rápida escalabilidad. Páginas web: [\(1\)](#)

3. Provenance

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Provenance	Jessi Baker	UK	(1) Documentación (3) Rastreo y seguimiento	B2C	/

La empresa Provenance, con sede en el Reino Unido, tiene como objetivo crear cadenas de suministro transparentes y permitir a las personas tomar decisiones de compra conscientes. La plataforma de Provenance, basada en blockchain y datos abiertos, permite, por un lado, recopilar información sobre los productos y, por otro, seguir toda su trayectoria. Páginas web: [\(1\)](#)

4. Recereum

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Recereum		IN	(3) Rastreo y seguimiento (4) Tokenización	B2B, B2C	Residuos urbanos

Recereum está construyendo una plataforma basada en blockchain que permite a organizaciones como los ayuntamientos recompensar la correcta separación de residuos a través de monedas. Estas monedas pueden utilizarse para obtener descuentos en las facturas de energía, por ejemplo. Además de recompensar la correcta separación de residuos, las monedas también se pagan a cambio de botellas de plástico y aluminio, así como de pilas y aparatos electrónicos. Páginas web: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

5. Swachhcoin

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Swachhcoin	NGO	NL	(3) Rastreo y seguimiento (5) Automatización de procesos	B2B	Residuos urbanos Residuos industriales

Swachhcoin es una organización sin ánimo de lucro. El proyecto es un enfoque basado en blockchain para la microgestión de los residuos de los hogares y las industrias. Los residuos se convierten en productos utilizables, como acero, vidrio o plástico, de forma respetuosa con el medio ambiente. El ecosistema Swachh es una Organización Autónoma Descentralizada (DAO) que se gestiona de forma autónoma basándose en contratos inteligentes. Páginas web: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

6. European Waste Transportation on Blockchain

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
European Waste Transportation on Blockchain	Público	NL	(3) Rastreo y seguimiento	B2B	Todo tipo de residuos

La Inspección de Transporte y Medio Ambiente Humano (ILT) del Ministerio de Infraestructuras de los Países Bajos supervisa muchos cruces fronterizos de transportes de residuos. En estos procesos, varios organismos

tienen que intercambiar información para gestionar y controlar el proceso. En la actualidad, tanto la administración como el control se realizan en su mayor parte de forma manual. Sin embargo, la gestión manual de los procesos es larga y compleja. ILT está trabajando en una solución a este problema como parte del proyecto "European Waste Transportation on Blockchain" en cooperación con las empresas de software LegalThings One y Safety Changer. Con el uso de blockchain y aplicaciones móviles, se eliminarán las intervenciones manuales de los procesos y se hará posible un transporte transfronterizo de residuos eficiente. Páginas web: [\(1\)](#)

7. RecycleGO

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
RecycleGO	Stan Chen	US	(2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento		Residuos industriales

RecycleGO ofrece servicios y tecnologías de reciclaje. El objetivo es utilizar blockchain y otras tecnologías para mejorar el sistema de reciclaje optimizando las operaciones de reciclaje y verificando las cadenas de suministro y las compensaciones de carbono. Por ejemplo, la empresa ofrece una solución de software para la gestión de clientes y activos, así como la facturación y la planificación de rutas para los transportistas. A través del libro mayor impulsado por la cadena de bloques de RecycleGO, las empresas y los gobiernos pueden verificar su impacto en la sostenibilidad. Páginas web: [\(1\)](#)

8. INVIZION - NVZN-token

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
NVZN-token	Corp.	US	(2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento (4) Tokenización	B2B	Residuos industriales

INVIZION está desarrollando su propia criptomoneda, NVZN. El token se basa en la red Ethereum y se supone que revolucionará el sistema de seguimiento de los residuos. Un token contiene información como la certificación de origen y un número de lote de los residuos producidos. Cuando los residuos se mueven a lo largo de la cadena de residuos, pueden ser fácilmente rastreados y seguidos en un libro de contabilidad descentralizado con la ayuda de la tecnología IoT. El destino final de los residuos serán las estaciones móviles híbridas de conversión de residuos en energía CETS, que pueden convertir cualquier residuo en energía renovable, minimizando la huella de carbono de la eliminación de residuos hasta un 30% y reduciendo los costes de eliminación de residuos hasta un 20%. Páginas web: [\(1\)](#)

9. Naturipe

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Naturipe	Corp.	US	(1) Documentación (2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento	B2C	Residuos alimentarios

En colaboración con SAP, Naturipe planea utilizar la tecnología blockchain para impulsar la transparencia en la cadena de suministro de alimentos. Los productos producidos por Naturipe llevarán un código QR en el envase. Cuando los clientes escaneen el código, podrán ver la certificación de origen de, por ejemplo, la fruta, junto con información sobre dónde se ha cultivado, recogido, envasado y cómo se ha almacenado en cualquier punto de la cadena de suministro. Páginas web: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

10. RemediChain, Lipscomb University, Good Shepherd Pharmacy

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
RemediChain	Corp.	US	(1) Documentación (3) (3) Rastreo y seguimiento	B2C, C2C	Residuos de la prescripción

El consorcio pretende reducir el despilfarro de recetas mediante el uso de la tecnología blockchain. El libro mayor de RemediChain permite recoger los excedentes de medicamentos de los donantes individuales y redistribuirlos entre los pacientes autorizados que los necesiten. La cadena de bloques ayuda a eludir a la industria farmacéutica como intermediaria y, al hacerlo, permite vender los medicamentos a precios más bajos e incluso distribuir los medicamentos donados de forma gratuita. Los donantes individuales también pueden donar medicamentos caducados, que serán recogidos, rastreados y eliminados de forma segura. Páginas web: [\(1\)](#)

11. Rocky Mountain Bottle Company

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo

Recycling Traceability System (RTS by EOW)	Corp.	US	(2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento	B2B	Residuos de vidrio
--------------------------------------------	-------	----	------------------------------------------------	-----	--------------------

Rocky Mountain Bottle Company se ha asociado con la End of Waste Foundation (EOW) para crear una economía circular en la industria del vidrio. El Sistema de Trazabilidad del Reciclaje (RTS, antes conocido como Software de Trazabilidad de Residuos Blockchain (BWTS)) de EOW se utiliza para el seguimiento de los residuos de vidrio. Permite a las instalaciones de recuperación de materiales (MRF), a los procesadores de vidrio y a los fabricantes de vidrio hacer un seguimiento de los residuos de vidrio a lo largo de la cadena de reciclaje. Las instalaciones de recuperación de materiales determinan la cantidad de vidrio que se entrega a los transformadores, que a su vez validan las cantidades y las comunican a los fabricantes, que a su vez las validan y comunican a la EOW. La EOW emite un certificado de vidrio que contiene los datos sobre la cantidad de vidrio que ha evitado los vertederos. Los certificados de vidrio pueden ser adquiridos por empresas y particulares que quieran ser más sostenibles y compensar su huella de carbono. Páginas web: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

12. Ripple Glass

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Recycling Traceability System (RTS by EOW)	Corp.	US	(1) Documentación (2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento	B2B	Residuos de vidrio

Al igual que en el caso (10), Ripple Glass también se ha asociado con la Fundación Fin de los Residuos (EOW) para poder utilizar su Sistema de Trazabilidad del Reciclaje (RTS, antes conocido como Software de Trazabilidad de Residuos Blockchain (BWTS)). Ripple Glass planea aumentar las tasas de reciclaje con la ayuda de RTS, ya que proporcionará datos inmutables sobre las tasas de reciclaje. El RTS conecta las instalaciones de recuperación de materiales (MRF), los procesadores de vidrio y los fabricantes de vidrio para hacer un mejor seguimiento de los residuos de vidrio a lo largo de la cadena de reciclaje. Las instalaciones de recuperación de materiales determinan la cantidad de vidrio que se entrega a los transformadores, que a su vez validan las cantidades y las comunican a los fabricantes, que a su vez las validan y comunican a la EOW. La EOW expide un certificado de vidrio que contiene los datos sobre la cantidad de vidrio que ha evitado los vertederos. Los certificados de vidrio pueden ser adquiridos por empresas y particulares que quieran ser más sostenibles y compensar su huella de carbono. Páginas web: [\(1\)](#), [\(2\)](#)

13. Dell Technologies, VMware

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Dell Technologies, VMware	Corp.	US	(1) Documentación (3) Rastreo y seguimiento	B2C	Residuos de plástico

Dell se asocia con VMware para hacer un seguimiento de los artículos de embalaje reciclados de Dell. VMware ofrece tecnologías blockchain que rastrean el plástico reciclado. Los clientes podrán ver el origen del material reciclado, qué tipo de plástico es y dónde se ha recuperado. Páginas web: [\(1\)](#)

14. Nestlé, Grocer, IBM

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Food Trust	Corp.	US	(1) Documentación (2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento (5) Procesos de automatización	B2B	Residuos alimentarios

Nestlé y Grocer (Carrefour) se asocian con IBM para beneficiarse de su tecnología Blockchain de Food Trust. Food Trust es una red que aspira a una industria alimentaria más sostenible e inteligente. La tecnología basada en blockchain hace un seguimiento de los alimentos individuales, dando a los usuarios autorizados acceso a la información sobre toda la cadena de suministro de alimentos, los datos sobre el origen y la ubicación actual de los alimentos individuales, así como las certificaciones, los datos de las pruebas y los datos de temperatura. Nestlé y Grocer comenzaron a probar la tecnología con un solo producto, pero ya han ampliado la gama de productos rastreados con Food Trust. Páginas web: [\(1\)](#)

15. reciChain BASF

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
ReciChain	BASF	CA	(1) Documentación (2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento	B2B, B2P	Residuos sólidos

BASF lanzó el proyecto piloto reciChain en Canadá con el objetivo de conseguir una cadena de suministro circular más competitiva. Mediante el uso de una plataforma de cadena de bloques con una insignia digital y tecnología de recuento de bucles, se ha mejorado la clasificación, el seguimiento y la supervisión de los plásticos. Los datos se comparten de forma transparente entre los participantes del mercado y se amplía el ciclo de vida de los plásticos. A raíz de los problemas de desigualdad social, el proyecto se puso en marcha por primera vez en Brasil para ayudar con las preocupaciones sobre la emisión de certificados de reciclaje. Páginas web: [\(1\)](#)

16. Recycle-to-coin

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Recycle-to-coin	Individual	UK	(1) Documentación (4) Tokenización	B2C	Residuos sólidos

Recycle-to-coin es un sistema de recompensas emitido por Blockchain Development Company (BCDC) en 2017. Mediante un sistema basado en una app se recompensa el reciclaje de latas de plástico, aluminio y acero en forma de tokens. La ICO fracasó, la web no funciona. Páginas web: [\(1\)](#)

17. Excess Materials Exchange (EME)

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Excess Material Exchange	Individual	NL	(1) Documentación (2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento	B2B	Todo tipo de residuos

EME es una plataforma digital de correspondencia para reciclar materiales no utilizados (residuos). Su modelo de cuatro pasos pretende aumentar el valor financiero y disminuir la huella ecológica. En primer lugar, el pasaporte de materias primas proporciona una visión general del origen y la separabilidad del producto. El pasaporte está provisto de un código QR que se puede rastrear para seguir las cadenas de valor de las materias primas. Se calcula el potencial valor financiero, ecológico y social añadido para encontrar opciones realistas de reutilización de materiales y productos. En colaboración con socios innovadores, las ambiciones de la economía circular pueden hacerse realidad. Páginas web: [\(1\)](#)

18. Circularise

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Circularise	Individual	NL	(1) Documentación (2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento	B2B	Residuos industriales (plásticos, textiles, metales, automoción, electrónica y otros)

Con la integridad y el cumplimiento de la cadena de suministro, Circularise ayuda a las partes interesadas a rastrear las materias primas. Su misión es acelerar la transición a una economía circular y permitir prácticas sostenibles a gran escala. Páginas web: [\(1\)](#)

19. Empower

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Empower	Individual	NO	(1) Documentación (2) Certificación (3) Rastreo y seguimiento	B2B	Residuos de plástico

Basándose en el sistema noruego de depósito de botellas, Empower construyó un ecosistema global de residuos plásticos. Una serie de puntos de recogida de plásticos garantizan una recogida rentable de los residuos. Mediante el seguimiento y la realización de inventarios digitales, garantizan que la mayoría de los plásticos se reutilizan y reciclan. Los plásticos recogidos se recompensan con una ficha. La transparencia les permite garantizar que los plásticos acaben donde tienen mayor valor y menor coste para la sociedad y el medio ambiente. Páginas web: [\(1\)](#)

20. Naturecoin

Proyecto	Iniciador	País	Blockchain	Interesado	Tipo de residuo
Naturecoin	Individual	CA	(4) Tokenización (5) Proceso de automatización	B2C	Plástico, latas, botes

El modelo de transacción descentralizada entre pares recompensa a los individuos por reciclar. Naturecoin utiliza contenedores inteligentes para el reciclaje en las ciudades. La aplicación Naturecoin analiza los residuos y calcula una recompensa que se ofrece en forma de la criptomoneda "Naturecoins". Los turistas pueden entonces cambiar las monedas por bienes o servicios, por ejemplo, transporte o recuerdos. Páginas web: [\(1\)](#)