

# CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

## Cadena

Trazabilidad en la logística inversa de residuos mediante blockchain





**Autor Principal:** Miguel Varela Pérez (TEIMAS)

**Otros autores:** Iago Elizechea Mateos (TEIMAS), Juan Daniel Cid Fernández (TEIMAS), Joaquín Martínez Diz (TEIMAS)

## RESUMEN

Tradicionalmente, los productores de residuos han delegado las tareas de gestión de los mismos en empresas especializadas. La visión general siempre ha sido la de que un residuo es un problema del que únicamente interesa deshacerse de la forma menos intrusiva posible. Una vez el gestor se hace con el residuo, el problema para el productor se termina.

Los cambios recientes en las normativas ambientales, particularmente en España con la reciente publicación del Real Decreto 553/2020 y el Anteproyecto de Ley de Residuos y Suelos Contaminados, están modificando este modelo mediante la ampliación de responsabilidades por parte del productor. Estos cambios fuerzan al propio productor a llevar un mayor control de a dónde van realmente sus residuos y a qué tratamientos se ven sometidos.

Para facilitar esta trazabilidad de residuos, TEIMAS desarrolla la plataforma Cadena. Se trata de un proyecto que permite, mediante el uso de la tecnología blockchain, llevar a cabo de forma fiable, unívoca e inmutable un control de la trazabilidad de los distintos traslados de residuos, desde la recogida original en su punto de producción hasta el tratamiento final en una planta especializada. Se incluyen además los almacenamientos intermedios y la documentación ambiental que se derive de estos traslados.

El uso de la tecnología blockchain permite crear un registro de datos con el que se puede, sin ningún tipo de ambigüedad, certificar que los datos reflejados no podrán ser modificados. Todo usuario del sistema puede confirmar la veracidad de la información reflejada en el sistema, ya que la tecnología blockchain no permite realizar alteraciones en el pasado. Cada usuario del sistema (productor del residuo, gestor final y actores intermedios) debe firmar cada traslado, que queda reflejado en el blockchain de Cadena y es verificable por los distintos actores del sistema.

Cadena actúa como complemento para la trazabilidad de residuos de la plataforma ZERØ, desarrollada también por TEIMAS. Esta plataforma digital es una solución de circularidad ambiental para todo tipo de empresas que permite la generación de documentación ambiental, registro de producción y movimientos de residuos, así como el control de diversas métricas de circularidad en la empresa.

Enmarcada como un desarrollo para ZERØ, Cadena ha obtenido financiación por parte del EIT Rawmaterials (organismo dependiente del European Institute of Innovation and Technology) como parte de su ayuda 'Booster Call for start-ups, scale-ups and SMEs in response to the COVID-19 crisis'.

# 1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años la situación en materia de traslados de residuos se ha vuelto más compleja desde el punto de vista legal. Particularmente los productores de residuos son cada vez más vistos como un ente que debe responsabilizarse del correcto tratamiento de los residuos que produce.

La presente comunicación informa sobre la creación del proyecto Cadena para la trazabilidad de los residuos en todo su ciclo de vida. El proyecto, desarrollado por TEIMAS, emplea la tecnología blockchain para facilitar este fin.

## 1.1 Acerca de TEIMAS

TEIMAS es la única empresa española especializada en el desarrollo de tecnología para el sector de la gestión de residuos. El equipo de TEIMAS, compuesto en la actualidad por 15 personas (13 titulados superiores), tiene una experiencia superior a las 100.000 horas en consultoría, análisis, desarrollo, implantación, puesta en marcha y formación en tecnologías de la información (TIC) aplicadas a la gestión de residuos, lo que equivale a aproximadamente 12.500 jornadas laborales completas.

TEIMAS desarrolla herramientas tecnológicas innovadoras para el sector de la gestión de residuos, teniendo desarrollos en producción tanto para el sector público como para el sector privado: productores y generadores de residuos, transportistas, instalaciones de gestión de residuos y sistemas colectivos de gestión.

# 2. PROBLEMÁTICA INICIAL

En los últimos años el modelo de economía circular se ha convertido en una prioridad en las políticas de la UE, plasmada en un extenso marco regulatorio ambiental que afecta a la trazabilidad de los residuos industriales y se refleja en la búsqueda de modelos de producción más sostenibles.

En este contexto cobran importancia nuevas tecnologías como ZERØ, plataforma online de TEIMAS que facilita la gestión inteligente de residuos en grandes corporaciones. El desarrollo de esta herramienta lanzada a finales de 2018 ha sido un paso lógico dentro de la trayectoria de TEIMAS, tras 10 años de experiencia en la creación de software para la gestión documental de residuos.

Sin embargo, la certificación de la trazabilidad de los residuos continúa siendo un problema. En el análisis de la situación, detectamos los siguientes problemas:

1. **La legislación presiona cada vez más al productor para que se haga responsable del residuo hasta su destino final.** Tradicionalmente la gestión de los residuos se ha visto para los productores como un problema. La solución habitual pasaba por delegar la responsabilidad en un gestor autorizado. Esta empresa recoge los residuos generados en origen y se encarga de hacer desaparecer el problema. A pesar de que el gestor comunica formalmente qué hará con los residuos, esta información no solía ser de interés para el productor. Los cambios

normativos, sin embargo, hacen al productor responsable del destino de los residuos más allá de la entrega al gestor.

2. **Las obligaciones documentales actuales no ofrecen garantías sobre el destino final del residuo.** Los documentos ambientales necesarios para establecer una relación entre el operador de un traslado y su gestor de residuos no obligan a este último a revelar el destino final del residuo (en caso de tratarse de un gestor intermedio que lleve a cabo una labor de almacenamiento temporal) ni siquiera el tratamiento al que el residuo va a ser sometido. Esto sucede de la misma forma en los documentos de identificación. Esta situación hace que no resulte fácil para los productores de residuos conocer a ciencia cierta qué entidad llevará a cabo la gestión real del residuo ni en qué consistirá esta.
3. **Las corporaciones, que producen gran cantidad de residuos en múltiples emplazamientos no pueden realizar un seguimiento pormenorizado.** En los casos de grandes corporaciones con una distribución geográfica notable, el control se dificulta todavía más. A menudo la gestión de los diferentes tipos de residuos varía según la unidad geográfica (CC.AA., demarcación territorial, etc.) donde se encuentre el centro productor en función de las distintas adjudicaciones producidas a los gestores. El seguimiento de los traslados de residuos a menudo es llevado a cabo por responsables ambientales que trabajan en un área determinada, dificultando la centralización de la información a nivel corporativo.
4. **Los intereses comerciales en el ciclo de vida del residuo, como es lógico, favorecen el oscurantismo en los pasos que recorre el residuo hasta su tratamiento final.** Dada la prevalencia de gestores intermedios de almacenamiento, estos tienen un gran interés por no hacer público el destino final de sus residuos. A menudo estos gestores opinan que las labores logísticas y de gestión intermedia que llevan a cabo podrían verse comprometidas sin los productores conocieran de forma concreta donde terminan sus residuos, ya que podrían “saltarse” a este intermediario y comunicarse directamente con los gestores finales. Los gestores intermedios, por tanto, tratan de evitar mencionar qué sucede en pasos sucesivos con estos residuos almacenados temporalmente.

### 3. SOLUCIÓN DESARROLLADA

Ante esta problemática, TEIMAS decide desarrollar el proyecto Cadena para dotar a productores, gestores y transportistas de la capacidad de comunicarse y certificar los traslados de residuos.

El objetivo del proyecto es proporcionar a un productor (y a un gestor intermedio) un mecanismo para conocer el destino final (fecha y tratamiento) de un residuo que ha salido o pasado por su infraestructura. Todo ello certificado, verificable y auditable por ellos o por un tercero.

Las principales características del proyecto son:

1. **Sistema que permite el registro de movimientos entre agentes de residuos.** Se trata de un sistema donde el productor indica que ha entregado sus residuos a un transportista, que trasladará los residuos a un gestor. Este gestor informará al sistema de la recepción de sus residuos y, a su vez, registrará sucesivos movimientos de dicho residuo a posibles gestores finales. Estos movimientos sucesivos son análogos al traslado desde el productor inicial.
2. **Sistema independiente.** El sistema no se ubica del lado de ninguno de los actores que

interactúan con él. Los datos, por tanto, no “pertenece” a ninguno de los actores, que interactúan con una plataforma externa como terceros. Esto permite situar tanto a productores como a gestores al mismo nivel.

3. **Sistema que protege la información sensible.** Para velar por los intereses comerciales de los gestores intermedios de residuos, el sistema debe ocultar las identidades de las entidades posteriores. De esta forma, un productor conoce al gestor con el que interactúa, pero no al gestor final. Podrá obtener la información principal que necesita: el tratamiento final del residuo, pero no la entidad que lo aplica. De forma similar, en un traslado con varios gestores intermedios cada actor solo podrá “ver” el siguiente eslabón de la cadena.
4. **No sujeto a la legislación de un país.** El sistema permite registrar traslados de residuos entre entidades autorizadas, con independencia de la idiosincrasia legislativa del país donde se ubiquen. El sistema trasciende fronteras y permite vincular la documentación apropiada, que no estará limitada a parámetros concretos. Esto permite tanto los movimientos de residuos entre actores multipaíses como la implantación del sistema para registrar traslados nacionales en cualquier país del mundo.
5. **Integrable con aplicaciones externas.** Cadena ha sido concebido desde su base como un sistema API-first, por lo que resulta totalmente accesible desde cualquier sistema externo. Esto permite la integración del sistema como aplicaciones ya existentes en las corporaciones, de forma que las validaciones de los movimientos de residuos se pueden ligar a las interacciones que la entidad ya lleve a cabo en sus propios sistemas. De esta forma, por ejemplo, un productor puede lanzar una recogida de residuos desde su ERP, un transportista firmar la documentación con su propia aplicación móvil y un gestor final aceptar el residuo desde un sistema de control de pesadas en planta.
6. **Centrado en el on-boarding.** El sistema presenta un interfaz web muy sencillo y amigable que permite entender el funcionamiento de forma muy rápida. La potencia del sistema radica en su capacidad de certificación y su sencillez de uso, ya que las operaciones que los actores llevan a cabo son muy sencillas. Los actores no deben realizar un gran esfuerzo para entender los procesos que se llevan a cabo ni la información que se les presenta.
7. **Verificable por una entidad externa certificadora.** El proyecto emplea la tecnología blockchain proporcionada por TrustOS de Wayra (Hub de innovación de telefónica) para garantizar que los datos son inmutables en el tiempo y certificar que las acciones son llevadas a cabo por actores autorizados.

### 3.1 La tecnología blockchain

Para la implementación de este proyecto ha sido fundamental la utilización de la tecnología blockchain como base tecnológica. Un blockchain es una estructura de datos cuya información se agrupa en conjuntos (bloques) a los que se les añade metainformaciones relativas a otro bloque de la cadena anterior en una línea temporal. De esta forma, gracias a técnicas criptográficas, la información contenida en un bloque solo puede ser repudiada o editada modificando todos los bloques posteriores. Esta propiedad permite su aplicación en un entorno distribuido de manera que la estructura de datos blockchain puede ejercer de base de datos pública no relacional que contenga un histórico irrefutable de información. El concepto de cadena de bloque fue aplicado por primera vez en 2009 como parte de Bitcoin.

En la aplicación de este proyecto muchas de estas características resultan esenciales:

1. **Distribuida:** la información contenida en el blockchain no pertenece a una sola entidad, sino que está disponible simultáneamente en múltiples nodos que la comparten. Esto impide la centralización de los datos y la persistencia en el tiempo de los mismos sostenidos por entidades independientes.
2. **Inmutable:** los datos almacenados en el blockchain no son modificables. Si se desea realizar correcciones o enmendar datos, estos figurarán como añadidos a la cadena existente. No es posible eliminar un registro ya almacenado en el blockchain.
3. **Fiable:** al tratarse de un sistema soportado por una comunidad de usuarios, su disponibilidad no depende de un ente único. Mientras exista un nodo activo en el sistema, los datos siempre serán consultables y verificables.

## 3.2 TrustOS de Wayra

A pesar de las ventajas del uso de la tecnología blockchain para el desarrollo de proyectos de este tipo, también presenta una serie de problemas:

1. **Dificultad técnica:** los desarrollos en blockchain requieren de un personal cualificado poco frecuente en el mercado laboral. Además, la elaboración de un blockchain propio es tremendamente costoso y dilata enormemente la puesta en marcha de proyectos basados en esta tecnología.
2. **Transparencia de los datos:** la naturaleza pública del blockchain haría que todos los datos fuesen visibles por todos los actores del sistema. Dado que una de las necesidades es la conservación de la privacidad en lo que a entidades involucradas se refiere, esto presenta un desafío.
3. **Coste de transacciones:** el apunte de datos en un blockchain se lleva a cabo mediante transacciones. Estas transacciones contienen la información relevante al apunte. En las plataformas blockchain disponibles ejecutar una transacción conlleva el consumo de una moneda o "token" propio de la plataforma, que tiene un coste real en dinero fiat. Este coste unido al gran volumen de transacciones que un sistema como Cadena pretende implementar, dificulta enormemente la viabilidad económica del proyecto, ya que todos los registros de datos por pequeños que sean entrañan un coste no irrelevante.

Para atajar estos problemas, TEIMAS se ha aliado con Wayra, la plataforma de innovación de Telefónica para hacer uso de su conocimiento sobre proyectos blockchain y el uso de su sistema TrustOS.

TrustOS es una plataforma que pretende eliminar las barreras técnicas que impiden conectar a las empresas con servicios de blockchain, añadiendo una capa de confianza a sus operaciones.

Se trata de un conjunto de herramientas en forma de API que simplifica los procesos para permitir que un equipo técnico de una empresa pueda conectarse directamente con la capa de servicios que necesite de forma rápida y sencilla. Mediante el uso de TrustOS, la integración con la tecnología blockchain se vuelve tan sencilla como la interacción con un API REST, tecnología presente de forma masiva en el desarrollo de aplicaciones Web.

La presencia de esta infraestructura reduce drásticamente el tiempo de desarrollo y permite obtener a personal cualificado con mayor facilidad, haciendo posible la creación de este proyecto en un lapso de tiempo razonable.

Aunque se trata de un sistema basado en blockchain, se elimina el coste de transacción al utilizar un blockchain privado (hyperledger) que, de forma periódica, inserta un checkpoint en un blockchain público (ethereum). Esto añade una capa de confianza importantísima al sistema. Además, los registros del blockchain no contienen información acerca de la identidad de los actores presentes en los traslados. Toda esa información reside en una zona privada del proyecto CADENA que impide que los lazos comerciales establecidos se vean comprometidos.

### 3.3 Funcionamiento del sistema

En el desarrollo inicial del sistema se prima la creación del sistema, la validación de los flujos de datos y la certificación de los traslados de residuos sobre la funcionalidad. Por ello, los casos de uso implementados se han reducido en complejidad.

Los actores involucrados en el sistema son:

1. **Productor de residuos:** actúa como primer emisor de la comunicación, creando salidas de material desde uno de sus centros.
2. **Gestores intermedios:** cualquier número de empresas autorizadas para la gestión intermedia de residuos. Reciben residuos por parte de un productor o de otro gestor intermedio y lo trasladan a un gestor intermedio o final. El número de gestores intermedio puede ser cero, ya que un productor puede enviar directamente sus residuos a un gestor final.
3. **Gestor final:** recibe residuos de un productor o de un gestor intermedio, y aplica un tratamiento final al residuo.

El esquema de interacción entre los usuarios es el siguiente:

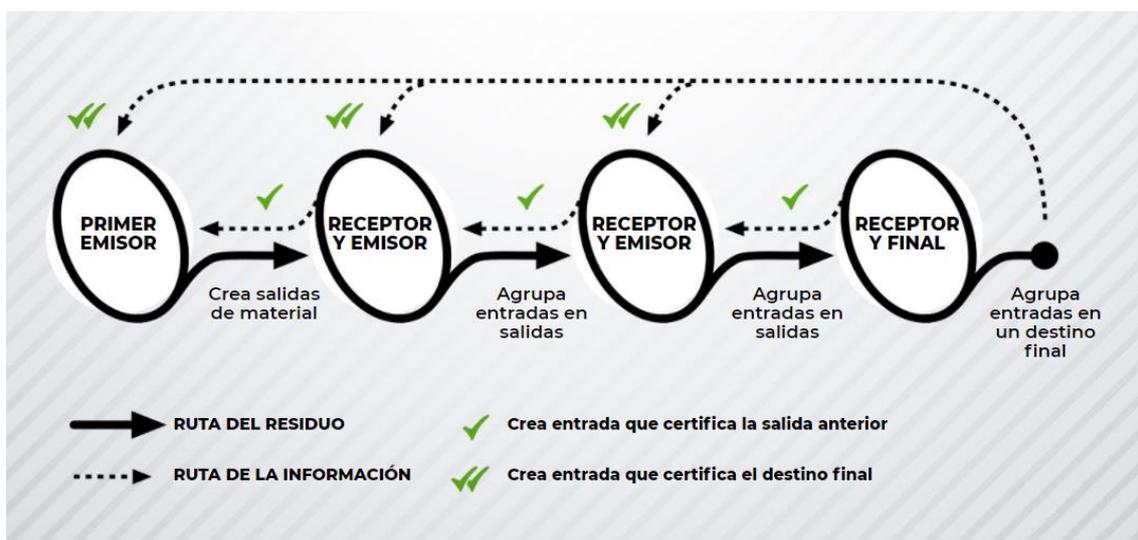


Figura 1. Esquema de interacción de usuarios en Cadena

### 3.4 Descripción del circuito

Se describe a continuación un ejemplo del conjunto de pasos que se producen en el funcionamiento de CADENA:

1. **El productor del residuo**, o primer emisor, tiene a su disposición una única funcionalidad: registrar una salida de material. Únicamente se tabulan los siguientes campos: Fecha y hora, centro emisor, código de la salida en su sistema de control interno (identificador), correo electrónico de la persona que podrá validar la entrada de material en su destino más inmediato. Adicionalmente, se incluirá adjunta la documentación que permita caracterizar la cantidad y naturaleza del material trasladado: documentación legal, documentación comercial, fotografías, etc.
2. **El gestor intermedio**, o primer receptor, tendrá dos cometidos (suponiendo que no sea el receptor final): En primer lugar, recibirá una notificación para registrar entradas de material. Podrá consultar la información adjunta y el propio registro de salida para identificar la entrada en su sistema correspondiente al registro de salida del productor. Por otro lado, de forma análoga al productor, podrá registrar una salida de material con la diferencia de que tendrá que relacionar el registro de salida de su instalación con las entradas de material correspondientes.
3. **El gestor final**, además de registrar la salida como el caso del gestor intermedio, tendrá otra función en el sistema y es registrar el destino final o tratamiento del residuo. Con un mecanismo similar a la salida del gestor intermedio, el registro de destino final tendrá que estar relacionado con los registros de entrada en su instalación.

La plataforma CADENA irá notificando de los movimientos que son de interés para cada actor y, finalmente, notificará a todos los involucrados cuando el material haya alcanzado su destino final con un tratamiento, una fecha y una hora.

Todas las notificaciones que se envíen a uno y otro agente involucrado en el ciclo de traslados del residuo preservarán en todo momento la identidad de quién realiza las operaciones. Además, esa información de identidad no constará en el blockchain. La relación entre las entidades registradas en el blockchain y las identidades reales estará custodiada por la plataforma CADENA evitando así perjuicios comerciales a los distintos agentes.

Para que una entidad pueda interactuar con el sistema, se deben haber creado los usuarios correspondientes en CADENA previa verificación de los administradores del sistema que van a cotejar las autorizaciones y licencias del interesado. De esta forma, se pretende garantizar que los agentes que interactúan con CADENA son entidades autorizadas por la administración.

En primera instancia, se proporciona un acceso a la plataforma que habilita a los usuarios a introducir la información de forma manual. Sin embargo, ese no es el objetivo que se persigue. Se pretende que los diferentes sistemas de información que utilicen los interesados se puedan integrar con CADENA. La arquitectura del sistema está pensada de esa forma desde el inicio. No es el objetivo sumar trabajo a los entes que son parte del ciclo de traslados del residuo, se trata de aportar valor sin dar más trabajo. Así, el productor o gestor que quiera adherirse a la plataforma para participar de la trazabilidad del residuo, si quiere evitar la introducción manual de información en cada traslado, tendrá que integrar su sistema de información para que, el uso del mismo, ya registre la información correspondiente en CADENA.

Como se especifica en el esquema descrito, se huye a propósito de una información demasiado detallada en cada registro. La información relativa a cantidades, naturaleza del residuo y otras consideraciones de origen legal o comercial, no aportan valor en el blockchain. Toda esa información si que tiene que acompañar a los registros de CADENA para facilitar a cada usuario la identificación de un movimiento. Evitar tener tabulada toda esta información facilita la internacionalización de la herramienta. Las legislaciones, las caracterizaciones de lo materiales y tratamientos, la segregación y otras consideraciones importantes cambian según el país en el que se traslade el residuo. Si bien, se aplicará un algoritmo de hash para que el contenido de esa documentación que acompaña a cada registro sí quede ligada a cada transacción del blockchain.

Aunque en primera instancia, como proyecto de I+D, será la plataforma quien registre, con su identificación digital, las transacciones en el blockchain, el objetivo es posibilitar la interacción directa entre los agentes y el sistema de cadena de bloques. Mediante certificados digitales y otros sistemas de identidad digital, se pretende que sea el propio usuario quien “firme” la información. Este paso, no obligatorio para el usuario, no olvidemos que se trata de facilitar el on-boarding, añadirá una capa adicional de confianza en el sistema ya que la no será la plataforma quien “selle” los registros, se dejará esa opción al propio usuario.

Es importante destacar que TEIMAS es un tercero desinteresado en los traslados y las relaciones comerciales entre productores y gestores de residuos. La confianza en la custodia de la información es una característica crucial para el éxito del proyecto. Es por esto que pensamos que TEIMAS, un actor relevante en el sector de la gestión de residuos desde hace ya años y un interlocutor habitual con las administraciones correspondientes, es el promotor idóneo para esta iniciativa que, en nuestra opinión, debe ser manejada por el sector. De hecho, el carácter distribuido del blockchain apoya esta perspectiva de comunidad.

## 4. FINANCIACIÓN OBTENIDA

TEIMAS ha sido beneficiaria de una ayuda para empresas innovadoras concedida por la asociación EIT RawMaterials. Formada por empresas, universidades y centros de investigación, esta asociación tiene como misión impulsar el crecimiento sostenible del sector europeo de materias primas mediante la innovación y la educación.

Entre los adjudicatarios de esta ayuda de 9,8 millones de euros se encuentran 60 empresas europeas que destacan por su alto potencial de crecimiento y capacidad de innovación.

La obtención de esta ayuda ha permitido la puesta en marcha del proyecto Cadena, enmarcado como un desarrollo para la plataforma para productores de residuos ZERØ.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Real Decreto 553/2020, de 2 de junio, por el que se regula el traslado de residuos en el interior del territorio del Estado (<https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2020-6422>)
- [2] Blog de Teimas: novedades RD 553/2020 (<https://teimas.com/es/2020-06-30-leytraslados>)

- [3] IBM: What is blockchain technology? (<https://www.ibm.com/blockchain/what-is-blockchain>)
- [4] Hyperledger Wiki (<https://wiki.hyperledger.org/>)
- [5] What is REST (<https://restfulapi.net/>)
- [6] Blog Telefónica Empresas: "Trazabilidad y certificación en la gestión de residuos con blockchain". Entrevista a Iago Elizechea (<https://empresas.blogthinkbig.com/gestion-residuos-blockchain-teimas-trustos/>)