

PROCESO DE COMPROBACIÓN Y TRAZABILIDAD ELECTRÓNICA DE LA FABRICACIÓN, LOGÍSTICA, RECEPCIÓN Y MONTAJE DE COMPONENTES, ELEMENTOS Y SISTEMAS INDUSTRIALES PARA OBRAS DE CONSTRUCCIÓN

J. Alonso Martín^{1,2,3}, *A. Pinedo Hoyvik*¹, *E. Heredia Campmany-Gaudet*⁴, *N. Iglesia Cano*⁵

¹ SIGNE, Madrid, España

² ITeC, Barcelona, España

³ BIMPROJECT, Valladolid, España

⁴ NOVALTRA, Castelldefels, España

⁵ Voxel3D, Valladolid, España

RESUMEN

La construcción industrializada y los sistemas de suministro de materiales, elementos, componentes y sistemas industriales adolece actualmente de una descripción del sistema de custodia y trazabilidad, basado en los procesos de fabricación, transporte, recepción, montaje y ensamblaje que establezca financieramente y económicamente las garantías jurídicas, comunicativas y económicas que justifiquen fehacientemente que un componente fabricado industrialmente reúne las condiciones necesarias para la liberación de pagos y traspaso del riesgo en cualquier punto de la cadena de suministro.

Esta necesidad financiera y fiduciaria ya se establece en el PERTE [1] publicado de construcción industrializada a través del crédito documentario, ligado a procesos de monitoring y el confirming como mejor forma de enfrentarse económicamente a este reto.

Desde el punto de vista técnico, hemos desarrollado un procedimiento basado en ligar la huella de los modelos digitales 3D a través de sus etiquetas con los identificadores visuales QR, trazados en la blockchain con sello de tiempo y la firma digital. Este conjunto de elementos da robustez electrónica a la identificación única de un componente, elemento o suministro procedente de los modelos 3D.

El fabricante deberá vincular físicamente el componente con el QR procedente de los modelos digitales transaccionados. La lectura del QR desplegará el modelo 3D IFC con sus propiedades en la aplicación informática del agente validador; momento en el cual este técnico cualificado realizará la prueba de vida, y establecerá el vínculo entre las condiciones establecidas en el modelo tridimensional desplegado realizando el control de calidad asociado (cumplimiento de las especificaciones de suministro y calidad denominado “requerimiento”), con el objeto físico a comprobar.

De la conformidad de modelo digital con modelo físico en fábrica, se desencadenarán varios subprocesos; procesos logísticos de traspaso del componente o suministro entre agentes; procesos de liberaciones de pago contra el crédito documentario; procesos de estocaje, acopio y montaje; procesos de comunicación e informe de situación.

La plataforma podrá integrar diferentes agentes reconocidos, con la seguridad jurídica y electrónica, y donde intervienen en la cadena de suministro (bancos, seguros, fabricantes, técnicos, constructores y promotor); donde es necesario conocer dónde se encuentra un componente en cada momento, con los procesos asociados de riesgo y pago, hasta llegar a la obra o a su montaje, con la seguridad técnica, económica y financiera en un entorno visual 3D.

Estos procesos obligarán a configurar nuestras bases de datos de la construcción, a la definición de nuevos roles y a establecer nuevos procedimientos de pago que garanticen a todos los agentes de la cadena la certidumbre necesaria de cumplimiento de los requerimientos establecidos.

Queda al margen para una segunda etapa el estudio de la escalabilidad de la propuesta.

PALABRAS CLAVE: BIM, IFC, datos, blockchain, bases de datos, registros electrónicos, guid.

1. INTRODUCCIÓN

Actualmente, la construcción industrializada y sus cadenas de suministro se enfrentan a un reto importante: la falta de un sistema riguroso para rastrear y custodiar materiales y componentes durante la fabricación, el transporte y el montaje. Esta ausencia de control dificulta establecer garantías jurídicas y económicas esenciales para liberar pagos y transferir riesgos a lo largo de la cadena de suministro.

Para solucionar esta necesidad financiera y fiduciaria, impulsada por el PERTE [1] de construcción industrializada, es clave implementar herramientas como el crédito documentario, el monitoring (proceso de chequeo) y el confirming (servicio financiero).

En los últimos años hemos sido testigos de un cambio de paradigma que promete transformar la industria gracias a nuevos procesos productivos. El desarrollo de soluciones informáticas, metodologías de trabajo, materiales innovadores y tecnologías constructivas está generando tensiones al tratar de responder a crecientes demandas sociales, económicas y medioambientales. Estas nuevas tecnologías deben equilibrar la innovación con la normativa vigente, integrando diversas fuentes para impulsar una verdadera transformación tecnológica; esto exigirá adaptar, compartir e implantar procedimientos regulados y transformadores.

La construcción industrializada demanda nuevos perfiles profesionales, competencias y la incorporación temprana de soluciones en los proyectos, así como una gestión eficaz de la fabricación, el transporte y el ensamblaje en obra.

El Proyecto Estratégico para la Recuperación y la Transformación Económica (PERTE), elaborado en 2025 por el Ministerio de Vivienda y Agenda Urbana junto a otros ministerios, apuesta por la industrialización del sector para enfrentar retos actuales y aumentar el potencial económico de España. El PERTE promueve el uso de procesos industriales, automatización y tecnología para lograr máxima eficiencia y calidad en la construcción.

El proyecto contempla instrumentos financieros como el crédito documentario para garantizar pagos, y propone combinarlo con tecnologías como blockchain (cadena de bloques) para reforzar la trazabilidad de los productos prefabricados. La financiación mediante confirming puede agilizar la

liquidez del industrial: un primer tramo permite financiar al proveedor una vez certificadas las piezas fabricadas, y un segundo tramo se activa tras la validación en obra por parte de un tasador.

Finalmente, la integración de tecnologías disruptivas, como los modelos digitales BIM (Building Information Modelling) cuya integración y uso en la administración pública es notoria desde Plan de Incorporación de la Metodología BIM en la contratación pública de la Administración General del Estado [2] , códigos QR (Quick Response code) y blockchain con sellos de tiempo y firmas digitales, ofrece una solución sólida que aporta seguridad técnica, económica y financiera durante todo el ciclo de vida de los componentes constructivos.

2. METODOLOGÍA A TRAVÉS DE UNA PRUEBA DE CONCEPTO

El caso de uso a través de una prueba de concepto aborda el desarrollo de una plataforma que garantice la trazabilidad de los componentes industriales desde que se fabrican hasta su montaje en obras de construcción, mediante el desarrollo de procesos y procedimientos que garanticen la fiabilidad, seguridad y certidumbre de la liberación de pagos; y del control de calidad y cumplimiento de los requerimientos de cuna a tumba, comprendiendo la recepción y montaje de los componentes industriales para obras de construcción. Aborda los aspectos cualitativos y cuantitativos de los componentes fabricados durante el proceso evolutivo desde la fábrica hasta el montaje o ensamblaje en obra. Hasta ahora la ineficiencia e inseguridad en la cadena de suministro es notoria. Figura 1 y 2.



Figura 1. Estudio de la cadena de valor.



Figura 2. Riesgo financiero.

2.1. Modelado Digital y Asignación de Identificadores Únicos

El proceso comienza en la fase de diseño mediante la creación de modelos tridimensionales BIM, donde cada elemento estructural, como vigas o columnas, o cualquier otro componente industrial, es definido y posicionado espacialmente. Técnicamente, se vincula la "huella" o identificador único global (GUID) del modelo digital IFC de cada componente con un identificador visual físico, típicamente un código QR. Figura 3 y 4

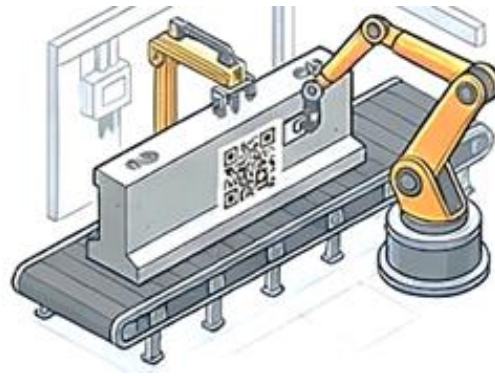


Figura 3. Vinculación modelo digital con QR de alta seguridad.



Figura 4. Tecnología aplicada al proceso. Fuente: propia

2.2. Fabricación y etiquetado físico

Una vez que el modelo digital es transaccionado, el fabricante tiene la responsabilidad de producir el componente físico y colocar en él la etiqueta genérica facilitada o adquirida con el código QR (Quick Response code) e RFID (Radio-Frequency Identification o Identificación por Radiofrecuencia) correspondiente. Este identificador actúa como un nexo invariable entre el mundo físico y el gemelo digital. Figura 4.

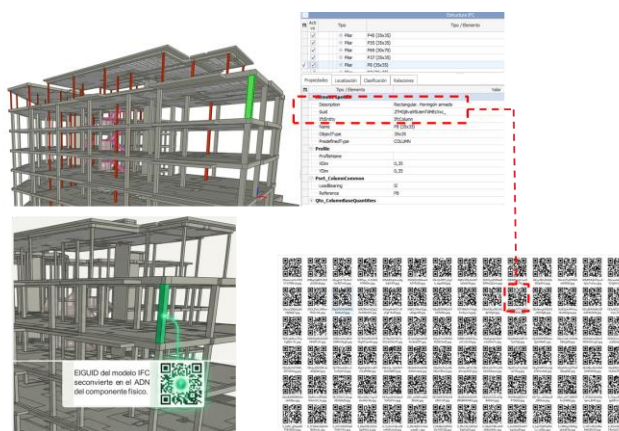


Figura 5. Vinculación física del QR+RFID en fábrica.

2.3. Plataforma de gestión

Una vez realizado el vínculo entre el elemento físico y el modelo digital, junto con su presupuesto descompuesto en cada uno de los hitos de pago (fabricación, transporte, recepción y montaje) es necesario establecer los roles en la plataforma de gestión. Se identifican tres roles; el gestor de la plataforma quien deberá cargar los modelos y los presupuestos vinculados; el verificador que hará la prueba de vida en la fábrica comprobando las condiciones óptimas de fabricación previa al transporte; y el monitoring que será el encargado de verificar los datos aportados por los verificadores y liberar los pagos. Figura 5.

La plataforma diferencia los roles y aporta información segmentada a cada uno de ellos.

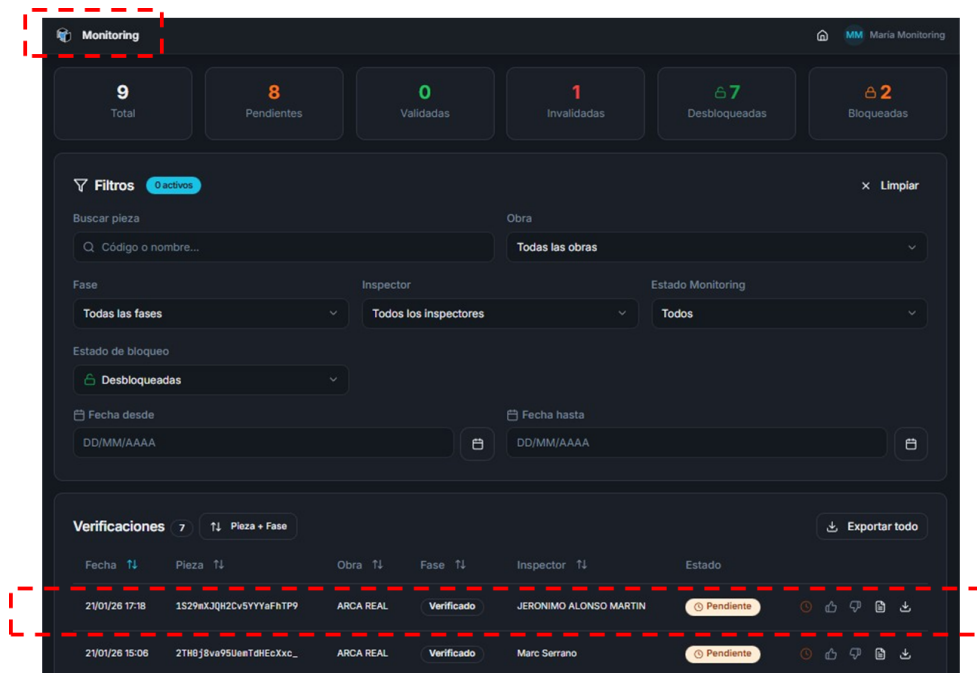


Figura 6. Vista de la plataforma; perfil monitoring.

2.4. Realización de Prueba de Vida

A través de una aplicación móvil específica (por ejemplo, "QC Verificador"), un técnico cualificado escanea el código QR de la pieza prefabricada (como una "Columna A1" o "Viga B3"). Esta acción permite desplegar en el dispositivo el modelo 3D en formato IFC junto con todas sus propiedades y requerimientos de calidad asociados.

Previamente este rol tiene identificados los requisitos de calidad que se han generado en una herramienta habilitada al efecto y dará cumplimiento y liberará frente al monitoring el cambio de fase, recogiendo evidencias gráficas, documentales y electrónicas. Figura 6 (a) y (b).

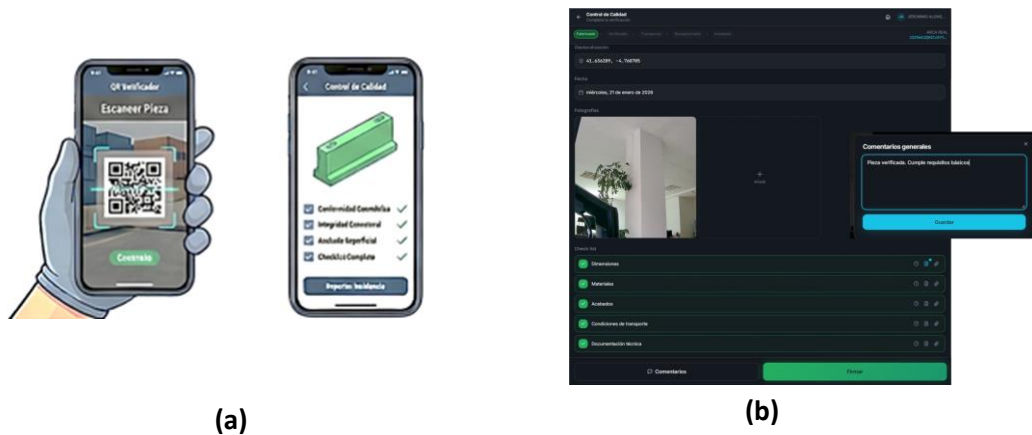


Figura 7. Escaneo (a) y verificación con evidencias (b).

Con el modelo y sus especificaciones en pantalla, el técnico realiza una comprobación física del elemento, estableciendo el vínculo entre las condiciones exigidas y la realidad. Esta verificación incluye rellenar una lista de control de calidad (*checklist*) donde se evalúa el estado de la superficie (ej. excelente, bueno, aceptable o defectuoso) y se confirman parámetros como la precisión dimensional, la ausencia de fisuras, el color uniforme y que no existan defectos como armadura visible.

Una vez realizada la prueba de vida en fábrica por el verificador, el rol de monitoring recibirá en la plataforma el cambio de estado y podrá en función de otros requisitos liberar el pago al fabricante. Figura 7.

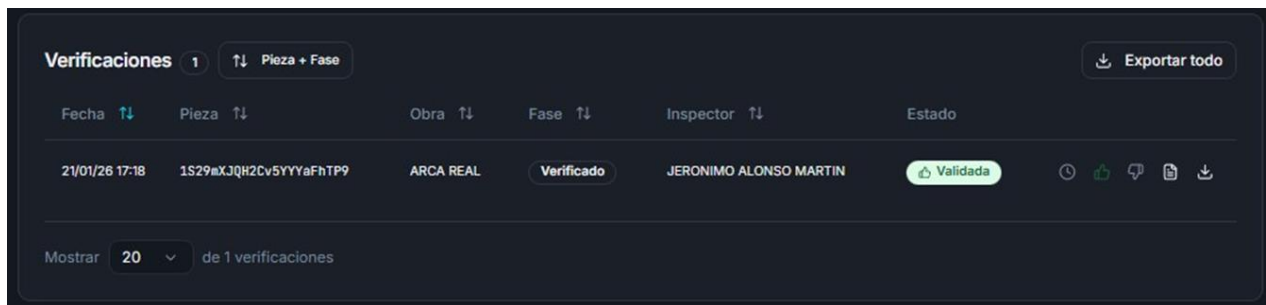


Figura 8. Validación del cambio de estado.

2.5. Registro y firma electrónica; contratos inteligentes

Una vez validada la lista de verificación, el proceso concluye con una firma digital por parte del técnico ("Continuar a firma"). Toda la transacción, incluyendo la identificación única y el estado de la pieza, es trazada de forma inmutable en una red blockchain utilizando un sello de tiempo. Esto garantiza la robustez electrónica y jurídica de la inspección. Figura 8.

La confirmación de la conformidad entre el modelo físico y el digital activa automáticamente una serie de subprocesos críticos:

1. Logística y Cadena de Suministro, se autoriza el traspaso del componente entre los distintos agentes.
2. Finanzas, se desencadenan los procesos de liberación de pagos respaldados por el crédito documentario.
3. Operaciones, se habilitan las fases de estocaje, acopio y montaje final de la pieza en la obra.
4. Este proceso se repite en cada hito; fabricación-transporte-recepción-ensamblaje.

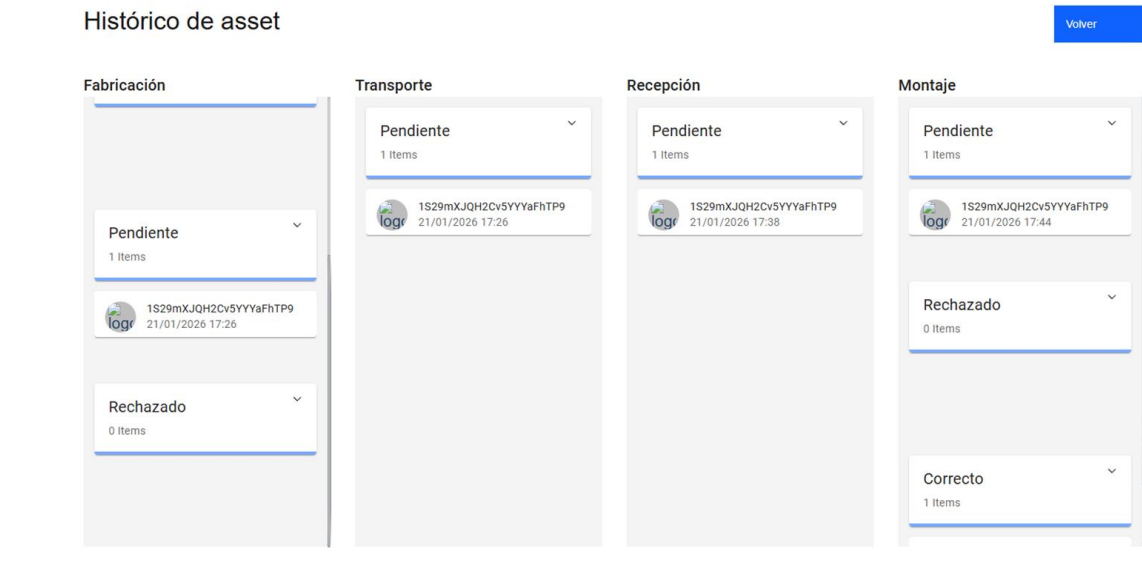


Figura 9. Registros electrónicos en la blockchain.

2.6. Redefinición de las bases de datos para componentes industriales

Para poder liberar pagos por componentes en cada una de las cuatro fases es necesario disponer de bases de datos y presupuestos donde el precio del componente se descomponga no en función del material, mano de obra, maquinaria o costes indirectos propios de la construcción tradicional, sino en cada una de las etapas por las que debe transitar; fabricación, transporte, recepción y montaje.

Figura 9.

Ello abre la puerta a nuevas formas de presupuestar, muy ligada a los grados de industrialización que mide el peso en el presupuesto de la construcción industrializada.

General Justificación Condiciones técnicas Gráficos Impacto ambiental

P.A. a justificar De obra Tipo: E Familia: 05PPP Identificador: 030 Nombre: PILAR SIMPLE H.A. PREFABRICADO 30x30 Código BC3: E05PPP030

U.M.: m Rendimiento: 1 F. creación: 21/01/2026 F. modif.: 21/01/2026 Concepto: PARTIDA DE OBRA Precio: 1.042 Precio planificado: 0

Visualizar elementos de tipo: TODOS

T	Código	U.M	Descripción	Precio	Cantidad	Importe
004		U	MONTAJE	150,00000	1,00000	150,00000
003		u	ACOPIO DE PILAR	350,00000	1,00000	350,00000
002		km	TRANSPORTE LOGISTICO	5,20000	55,00000	286,00000
001		u	FABRICACION	256,00000	1,00000	256,00000

Mano de obra: 0 Suma: 1.042
 Material: 0 % Gastos auxiliares: 0
 Maquinaria: 0 Coste directo: 1.042
 Transporte: 0 % Gastos indirectos: 0
 Otros conceptos: 1.042 PEM: 1.042

Figura 10. Ejemplo de partida de un componente industrializado.

2.7. Control de la calidad de componentes industrializados

Para proceder a diseñar un componente industrializado es necesario conocer los requisitos específicos de diseño, fabricación y montaje, pero también los sistemas de calidad asociados para proceder a la verificación del cumplimiento de ellos mismos en fábrica y en obra, y no menos importante si existen requerimientos en el transporte, recepción o acopio.

Por ello asociado a la verificación debe existir una herramienta de gestión y control de la calidad, cuyo vínculo a la plataforma es necesario. Figura 10 y 11.

PLATAFORMA DIGITAL DE LA DIRECCIÓN MATERIAL DE OBRAS

Grado de industrialización

BIM LEAN	Baños	Cerramientos	Estructuras	Instalaciones	Total
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	1.200.000,00 €
	0,00 €	56.000,00 €	10.000,00 €	0,00 €	
PEM	0%	4,67%	0,83%	0%	5-15%
Grado de industrialización					

Figura 11. Plataforma para la gestión de la calidad.

Recepción de obra

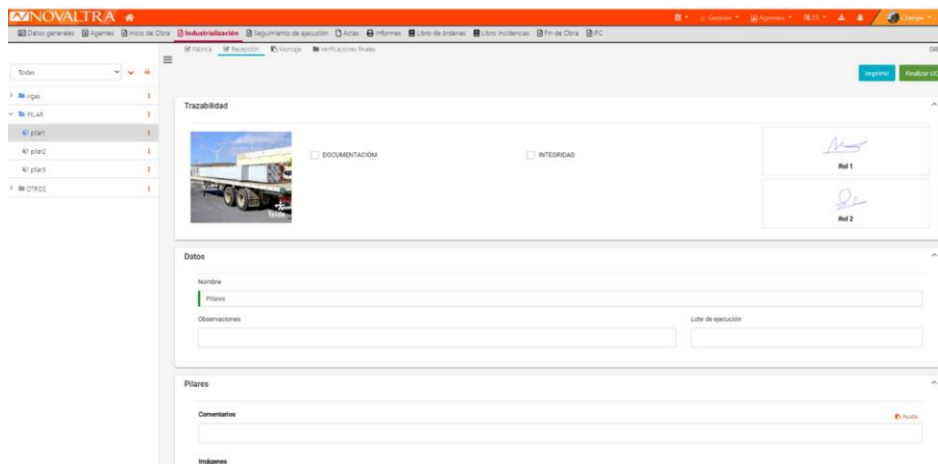


Figura 12. Vista del gestor en el proceso de recepción del componente.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La implementación de este sistema de trazabilidad tecnológica resuelve de manera integral las deficiencias de custodia en la construcción industrializada. Al integrar modelos 3D, códigos QR y tecnología blockchain, se crea una plataforma electrónica que garantiza un entorno de seguridad jurídica, técnica, económica y financiera.

Esta metodología permite a todos los actores intervinientes en la cadena de suministro —incluyendo bancos, aseguradoras, fabricantes, técnicos, constructores y promotores— conocer en tiempo real la ubicación, el estado de calidad y la situación de riesgo de cada componente. Como resultado, este avance obligará a una reestructuración de las bases de datos del sector de la construcción, a la creación de nuevos roles profesionales y al establecimiento de procedimientos de pago automatizados que brinden certidumbre absoluta sobre el cumplimiento de los requerimientos del proyecto. Figura 11 y 12.

No existe precedente en el ámbito de la construcción de una metodología en la verificación de componentes según la escala planteada, abriendo un ámbito de acción aún sin explorar como puede ser los casos de uso en los que se necesite la incorporación de varias empresas industrializadas, con fábricas muy alejadas y cuyas verificaciones deban realizarse sistemáticamente.

Ello aborda

La Conformidad Desencadena la Cadena de Valor

La validación en fábrica no es el final, es el **catalizador**. Este evento único y seguro dispara automáticamente una serie de subprocesos críticos.



Figura 23. Proceso sistemático.

Riesgo y Opacidad

ANTES



- Pagos retenidos
- Disputas sobre la calidad
- Falta de trazabilidad
- Traspaso de riesgo ambiguo

Certeza y Control

DESPUÉS



- Pagos automatizados por cumplimiento
- Trazabilidad total e inmutable
- Transparencia para todos los agentes
- Riesgo mitigado y definido

Figura 34. Cadena de valor.

4. CONCLUSIONES

El desarrollo de la prueba de concepto es el inicio de una propuesta metodológica pendiente de desarrollo informático pleno. Esta plataforma planteada integra las bases de la reserva de actividad del arquitecto técnico sustentadas en los aspectos cualitativos y cuantitativos del proceso productivo de la construcción industrializada.

Integra la verificación de los componentes industriales fabricados, transportados, recepcionados y montados; dotándoles de transparencia y fiscalidad de los procesos a los diferentes agentes, minimizando los riesgos y generando confianza. Genera automatismos de pago y verificación en la custodia de los elementos industriales.

Se abren oportunidades a las entidades financieras y compañías de seguros ante un proceso y paradigma nuevo, debiendo definir los requerimientos y requisitos técnicos de los componentes industriales y la redefinición de las bases de datos y presupuestos en la construcción. La aparición de nuevos roles profesionales como es el “verificador”, el “monitoring” o el “integrador técnico-financiero” son algunos ejemplos.

Queda pendiente el estudio de la escalabilidad de la solución propuesta, cuyos datos empíricos serán cruciales para la implantación de la metodología propuesta en la prueba de concepto.

5. ABREVIATURAS Y ACRÓNIMOS

BIM	Modelado de Información en Construcción (Building Information Modelling)
CSV	Valores Separados por Comas (comma-separated values)
IFC	Formato de clasificación estándar (Industry Foundation Classes)
RFID	Radio-Frequency Identification o Identificación por Radiofrecuencia
ITeC	Instituto Tecnológico de la Edificación de Cataluña
CGATE	Consejo General de la Arquitectura Técnica de España
MUSAAT	Mutua de Seguros de prima fija
Blockchain	Cadena de Bloques
Monitoring	Proceso de supervisión, seguimiento, control o vigilancia
Confirming	Servicio financiero
Código QR	Código de barras bidimensional cuadrado que almacena información (Quick Response code)
GUID	Etiqueta número entero de 128 bits (16 bytes) utilizado en software para identificar información de forma única a nivel mundial sin un coordinador central (Globally Unique Identifier)
APP	Aplicación informática (application)

6. AGRADECIMIENTOS

Agradecemos la oportunidad de mostrar este desarrollo y sus resultados a VOXEL3D, Altra Software, Enric Heredia, ITeC, Ferrán Bermejo, Signe SA Antonio Pinedo, Juan Carlos Cabrero, al CGATE y a MUSAAT que sin su apoyo no hubiera sido posible este desarrollo piloto.

7. BIBLIOGRAFÍA

[1] España, Orden VAU/540/2025, de 29 de mayo, por la que se crea la Oficina Técnica del PERTE para la Industrialización de la Vivienda, BOE 130, p. 70411 a 70413.

[2] España, Orden PCM/818/2023, 18 de julio, Plan de Incorporación de la Metodología BIM en la contratación pública de la Administración General del Estado y sus organismos públicos y entidades de derecho público vinculados o dependientes, BOE 172, p. 105006 a 105035