

# Blockchain como componente clave en el sector de máquina herramienta en la Industria 4.0

*Blockchain as a key component in the machine tool sector under Industry 4.0*



Imanol García-Pastor, Francisco Sánchez-Fuente y José-Ramón Otegi-Olaso  
Universidad del País Vasco UPV/EHU (España)

DOI: <http://dx.doi.org/10.6036/8834>

## 1. INTRODUCCIÓN

El concepto de Industria 4.0 (I4.0) nació en Alemania en el año 2011 con el fin de identificar la cuarta revolución industrial [Fig. 1]. En este nuevo periodo el nivel de automatización alcanza un nivel superior, habilitando la posibilidad de que las máquinas puedan operar independientemente o en coordinación con los humanos, incorporando características como auto aprendizaje, auto conocimiento y personalización autónoma para poder mejorar en eficiencia y flexibilidad. Este cambio ha sido impulsado por los avances tecnológicos que permiten crear un sistema ciberfísico (en inglés *Cyber Physical System: CPS*), tales como el internet de las cosas (IoT), la fabricación basada en la nube, el análisis *Big Data*, los sistemas de realidad aumentada y la robótica avanzada entre otros. [1].

Este nuevo modo de operar va a provocar grandes cambios en las relaciones tradicionales existentes en el mundo de la producción, integrando la totalidad de la cadena de suministro y permitiendo que las máquinas puedan colaborar entre sí de un modo autónomo. En este contexto, las máquinas serían capaces de tomar decisiones, compartir información e intercambiar valor tal y como lo hacen las personas. Para que esto sea posible tiene que

establecerse un mecanismo de confianza que facilite la colaboración dentro del entorno de producción e integre a los distintos centros asociados en un escenario de fabricación extendida. Estas capacidades y muchas más pueden conseguirse utilizando la tecnología *blockchain* (TBC) [2].

*Blockchain* puede definirse como un registro distribuido inmutable de transacciones, almacenado en los ordenadores participantes, que permite realizar operaciones que requieren confianza entre las entidades implicadas sin la necesidad de una autoridad central [3]. Esta definición cubre las principales propiedades que integra la TBC: seguridad y confianza, transparencia y desintermediación [4]. Estas características permiten que las diferentes entidades dispongan de un control compartido de acceso y evolución de los datos, proporcionando transparencia, confianza entre participantes, un sistema seguro de pertenencia y transmisión de valor, a la vez que se reduce el tiempo y coste de los procesos y operaciones entre diferentes organizaciones (también conocido como reconciliación) [4].

Blockchain más que una nueva tecnología es una combinación inteligente de las ya existentes. En sus comienzos fue diseñada pensando en la creación de una criptomoneda confiable (Bitcoin 2008), pero después de analizar sus capacidades se ha visto que este sistema puede ser aprovechado en multitud de aplicaciones pudiendo encajar perfectamente cuando máquinas independientes tienen que colaborar entre sí compartiendo e intercambiando valor. La TBC está teniendo un gran impacto en áreas muy diferentes abriendo nuevas posibilidades en muchos sectores

[4], cambiando el modo de operar a nivel económico y de negocio [5]. El primer sector que lo ha adoptado disruptivamente ha sido el relacionado con los mercados financieros, pero la tecnología en sí es de propósito general, pudiendo ser aprovechada en todos los procesos que contengan transferencias de valor y necesiten autenticidad y confianza.

Históricamente las operaciones que se realizan entre diferentes entidades están basadas en relaciones de confianza mutuas bien sea de un modo formal (ej. contratos) o de un modo informal (ej. recomendaciones), siendo habitualmente necesaria la intermediación de un tercero. En una red blockchain (RBC), cualquier acción puede ser verificada por cada participante, garantizando la confianza mutua mediante la tecnología utilizada (ej. mecanismos criptográficos y labores de validación u operación). Este aspecto podría servir como fundamento de nuevas alianzas y colaboraciones dentro de la industria, uniendo proveedores y clientes en base a su reputación, haciéndola crecer según las transacciones presentes en la RBC y aportando un registro completamente auditable. Los datos dentro de la blockchain no pueden cambiarse cuando se han aceptado e introducido en su red, y cualquier cambio o creación de un nuevo elemento no puede realizarse sin el permiso previo de todos los participantes.

Aunque los casos de uso en donde la tecnología de registro distribuido (en inglés *Distributed Ledger Technology: DLT*) ha tenido un mayor impacto son los relacionados con las finanzas y los seguros, el interés en sus aplicaciones fuera del ámbito monetario continúa creciendo. La TBC habilita la creación de la llamada '*economía de las máquinas*' y, además, permite construir nuevos procesos de automatización, mecanismos de colaboración más amplios y nuevos modelos de negocio. Este aspecto puede

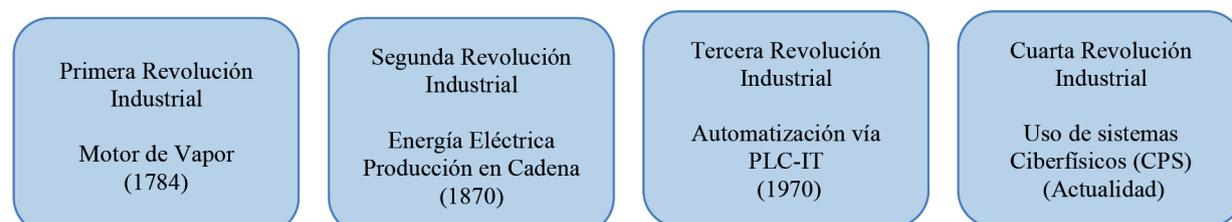


Fig. 1: Las cuatro revoluciones industriales (adaptado de [1])

ser de especial interés para las pequeñas y medianas empresas (PYMEs), abriendo la posibilidad de nuevos mercados nicho y extendiendo sus operaciones con nuevos modelos de colaboración. Este tipo de compañías demandan una atención especial por sus características particulares y su alto impacto en la sociedad. Las PYMEs representan un valor añadido bruto del 50% de la economía Europea, siendo aproximadamente el 99% de las empresas de la UE, y aportan entre el 50% y el 70% de los empleos a tiempo completo equivalentes [6]. Este es el caso del País Vasco, una región situada en el norte de España altamente especializada en la industria de máquina herramienta y en la fabricación avanzada. Su mayor reto es evolucionar desde la industria de procesos a una industria orientada a soluciones completas a través de servicios de alto valor añadido.

El objetivo de este documento es identificar las nuevas oportunidades que la TBC puede llevar a la industria de máquina herramienta, teniendo presentes las características de este sector en el País Vasco, principalmente formado por PYMEs con un alto nivel de especialización. Por este motivo, a lo largo de los siguientes puntos, se analizan las características de la TBC y algunas de sus aplicaciones fuera del campo financiero, enfatizando aquellos usos que pueden ser de mayor aplicación en este sector.

## 2. POSIBILIDADES DE APLICACIÓN DE LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN EN INDUSTRIA

Uno de los mayores objetivos de la I4.0 es el desarrollo de plantas de fabricación altamente automatizadas, aprovechando la tecnología puntera existente con el fin de ser más sensibles y adaptables a los requisitos de mercado, los cambios y las demandas. Este concepto se extiende más allá de la propia fábrica y llega también a los apartados de:

- Negocio: formando una red colaborativa y adaptable entre todos los participantes, maximizando el beneficio y elevando el valor generado para el cliente y la sociedad (ej. trazabilidad y ecodiseño).
- Producto: incluyendo sensores que podrían trazar, registrar y reportar el ciclo de vida completo del producto (ej. recopilación de datos, mantenimiento predictivo).
- Cliente: haciendo posible la solicitud de productos personalizados en tiempo real sin largos tiempos de espera.

Blockchain puede ser una tecnología tractora de estos nuevos conceptos en la industria, y la herramienta clave para mejorar aspectos como la velocidad, el coste y los estilos de colaboración entre los diferentes grupos de interés, actuando como enlace entre los habilitadores de la tecnología y los nuevos modelos de negocio posibles [Fig 2].

El concepto I4.0 conlleva una optimización y reconfiguración en tiempo real de los procesos de fabricación en su conjunto, adaptándolos a las necesidades del mercado en todo momento. Esto se puede realizar mediante un enfoque centralizado, teniendo en cuenta un sistema central como coordinador principal de las operaciones, pero no abordaría problemas existentes tales como la ciberseguridad, la adaptabilidad, la autonomía y la reconfiguración. Si hay que desarrollar un sistema inteligente parece más interesante basarlo en un diseño descentralizado, donde las diferentes máquinas y operadores puedan tomar decisiones óptimas sobre cómo adaptarse a las necesidades de la mejor manera posible. Cuando se habla de desintermediación también aparecen otras preguntas y desafíos importantes como, por ejemplo, la gestión de los datos, la confianza, la disponibilidad de los nodos o la sobrecarga de las comunicaciones. Si se resuelven estos problemas, sería posible construir un sistema totalmente autónomo y adaptable. La TBC incluye la forma de superar estos retos permitiendo la existencia de un ecosistema hombre-máquina heterogéneo en donde los datos puedan fluir directamente entre los diferentes dispositivos, y el valor pueda ser desarrollado e intercambiado entre los diferentes componentes.

La gestión de datos es otra área donde esta tecnología se puede convertir en un facilitador crítico. La información generada en I4.0 va a disponer de un alto valor,

haciendo necesario contar con mecanismos capaces de gestionar su propiedad. Para incrementar el valor añadido, los fabricantes deben ser conscientes de la importancia residente en esta información. Las empresas pueden utilizar los datos con diferentes propósitos: para construir mejores productos, para crear nuevos servicios o modelos de negocio, o para establecer nuevas alianzas o entornos de colaboración. Este último punto es fundamental para las PYMEs, donde la transformación hacia la I4.0 es especialmente un gran reto debido a muchos factores, como son los riesgos económicos de la elaboración de un nuevo producto o servicio basado en sistemas ciberfísicos y los altos esfuerzos de desarrollo que esto requiere. Blockchain, al ser un registro inmutable, tiene el concepto de la propiedad integrado dentro sus características.

Teniendo en cuenta todas sus cualidades parece apropiado hablar de la TBC como otra de las tecnologías necesarias para alcanzar los objetivos de I4.0. Podría considerarse como un servicio base integrado en todos los elementos clave del nuevo concepto de la industria, utilizándolo de herramienta central para elementos como la colaboración entre máquinas y entre empresas, el intercambio seguro y responsable de datos y la monetización de nuevos modelos de negocio.

De hecho la aplicación de blockchain en I4.0 no es sólo un concepto en nuestros días. Las empresas lo están utilizando actualmente para desarrollar nuevos negocios. A continuación se muestran algunos ejemplos agrupados por tipo de aplicación [7]:

- Gestión de la cadena de suministro:
  - IBM y Maersk: seguimiento de contenedores.
  - Provenance: trazabilidad de la información del producto a lo largo de toda la cadena de suministro.
- IoT:

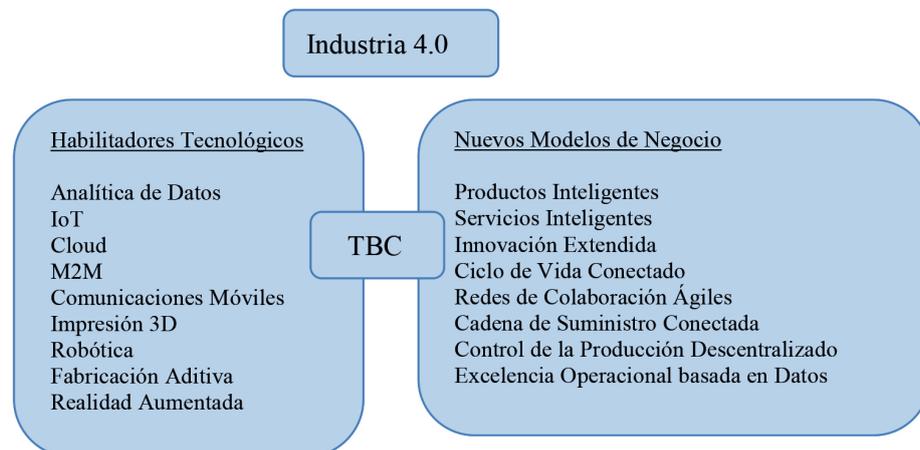


Fig. 2: Ejemplos de habilitadores tecnológicos y nuevos modelos de negocio en I4.0

- Factor Iris: identificación IoT mediante tecnología blockchain.
- Super Computing Systems: protección de los datos generados en los sensores dentro de la red blockchain, evitando así que sean manipulados.
- Servicios Cloud (PaaS):
  - Tile Data Processing: mercado para la venta de los datos generados por dispositivos IoT
- Economía de las máquinas:
  - IOTA: criptomoneda especialmente desarrollada para IoT.

Estos ejemplos muestran que la TBC en la industria es una realidad, pero el desarrollo de las muchas posibilidades que esta tecnología puede aportar en I4.0 no ha hecho más que empezar.

### 3. APROVECHANDO EL PODER DE LA TBC EN LAS PYMES DEL SECTOR DE MÁQUINA HERRAMIENTA

Las PYMES se consideran cada vez más importantes en el desarrollo regional, siendo este el caso de la industria de la máquina herramienta en el País Vasco. Dentro de este contexto, la evolución hacia un escenario de negocios cada vez más competitivo es una realidad que obliga a integrar y adoptar las técnicas de I4.0. Vivimos en un mercado globalizado en el que los grandes actores pueden permitirse enormes inversiones económicas en términos de nuevos CPS, esfuerzos de desarrollo y estandarización, pero esta no es la situación habitual en las PYMES de máquina herramienta. Cuando estas empresas solicitan financiación a programas públicos para colaborar con otros socios en este tipo de desarrollos se encuentran en gran desventaja frente a las grandes empresas [8]. Por lo tanto se puede considerar que las barreras de adopción de las nuevas tendencias tecnológicas en I4.0 para este tipo de organizaciones son altas.

La creación de un entorno de colaboración en el que participen empresas potencialmente competidoras, a pesar de los beneficios que podría aportar a todas ellas, no es una tarea fácil. Puede existir un sentimiento de desconfianza en la idea de trabajar conjuntamente compartiendo datos y conocimiento. Otro de los campos actuales de aplicación de la TBC es la formación de una red de colaboración entre empresas del mismo sector que exploten los diferentes aspectos de esta tecnología. En estos casos la red DLT actúa como un registro contable que permite eliminar a la entidad intermediaria, lo que se traduce

en beneficios inmediatos para las empresas que lo utilizan, acortando los tiempos de operación y bajando sus costes, a la vez que se mejora la seguridad. Este es el caso en Trade Finance, siendo utilizado también ampliamente en otro tipo de operaciones dentro del sector financiero, proporcionando una herramienta confiable, transparente e inmutable que está cambiando radicalmente algunos modelos de negocio, mejorando tiempos, costes y seguridad. En estos casos, la TBC se utiliza para construir una red privada distribuida y compartida entre las empresas participantes para registrar las operaciones realizadas. Estas acciones sólo se producen cuando cada participante acepta el cambio, actuando como un canal de comunicación distribuido y transparente entre las empresas incluidas en el consorcio.

Cuando se diseña una red DLT, se utilizan diferentes esquemas dependiendo del objeto de aplicación. En la literatura se distinguen dos categorías principales de redes blockchain: sin jerarquía de permisos, en donde cualquiera puede unirse y comportarse como verificador, y con control de permisos [3]. También es común dividir la red blockchain en función de quién la gestiona, lo que da lugar a distinguir entre blockchains públicas, privadas y de consorcio [9]. Cuando algunas empresas quieren cooperar entre sí, la configuración más utilizada es una red de consorcio. Este modelo se puede encontrar hoy en día en las instituciones financieras como el sistema base en las operaciones interempresariales [9].

La TBC en su segunda versión incorpora el concepto de 'Smart Contracts', que permiten automatizar el cumplimiento de las reglas establecidas durante la colaboración [3]. Esta nueva funcionalidad puede ser de especial interés cuando actúa como supervisora de las reglas y acciones acordadas dentro del nuevo entorno de colaboración entre empresas.

En la nueva I4.0 el sector de la máquina herramienta jugará un papel relevante, DLT puede incorporarse dentro de las máquinas y sus procesos, proporcionando un modelo de datos colaborativo seguro y de confianza. Además, también podría emplearse como base de una es-

tructura organizacional ampliada sin la necesidad de asociaciones empresariales o contratos clásicos. A nivel operativo, la TBC puede ser utilizada como una herramienta para integrar toda la cadena de suministro, mejorando características como: coste, calidad, velocidad, confiabilidad, riesgo, sostenibilidad, transparencia, gestión de las cuentas y flexibilidad [10]. Eliminar la dependencia de entidades intermediarias posibilita aumentar la eficiencia y reducir los costes, siendo en este caso los proveedores los que realizarían las comprobaciones casi en tiempo real [Fig. 3]. En este caso, los cambios en la planificación de la fabricación se volcarían a la red, y los proveedores podrían adaptarse a la nueva demanda, informando de los riesgos, si los hubiere, a través del canal fiable y transparente que ofrece la red blockchain.

Cuando el producto llega al mercado, la TBC participa en su trazabilidad, siendo un componente clave en la fase de mantenimiento, período de garantía y sostenibilidad [Fig. 4]. I4.0 hace énfasis en la fabricación sostenible y sus modelos de negocio, pero no se explica cómo podría lograrse. Por otro lado, los nuevos sensores incluidos en las máquinas y productos van a producir y almacenar datos relevantes desde el principio de la producción de la mercancía hasta su final. El uso de toda esta información permitirá aplicar un servicio de mantenimiento óptimo, aumentando la vida útil y registrando todas las operaciones de reciclaje necesarias, trazando un camino tangible para obtener una economía circular real. Las ventajas del uso de blockchain en la trazabilidad son muchas: garantizar la propiedad de los datos, asegurar la transparencia de la información y actuar como registro de contabilidad inmutable de las situaciones cotidianas que el producto ha experimentado a lo largo de su vida. Esta capacidad de auditoría puede crear nuevas oportunidades de negocio, ofreciendo un mayor valor para el cliente, especialmente en sectores de fabricación de alto valor añadido.

En el lado operativo blockchain tiene también mucho que aportar al sector de la máquina herramienta. Esta tecnología

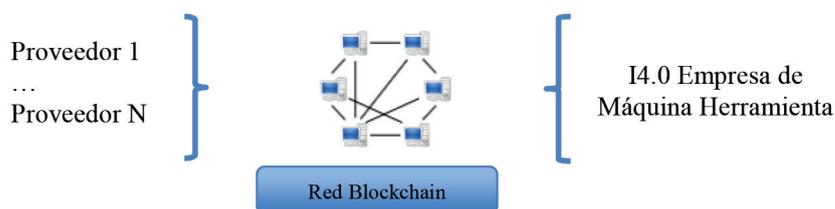


Fig. 3: Integración de la cadena de suministro en la red blockchain en el sector de máquina herramienta

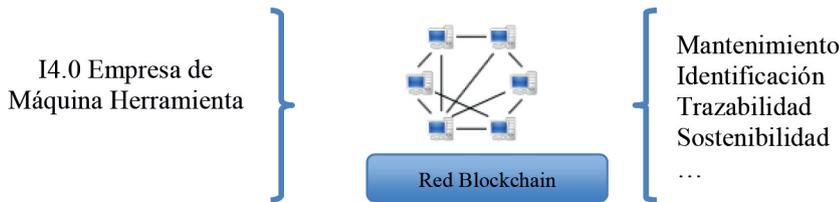


Fig. 4: Productos y servicios de alto valor añadido que habilita la TBC

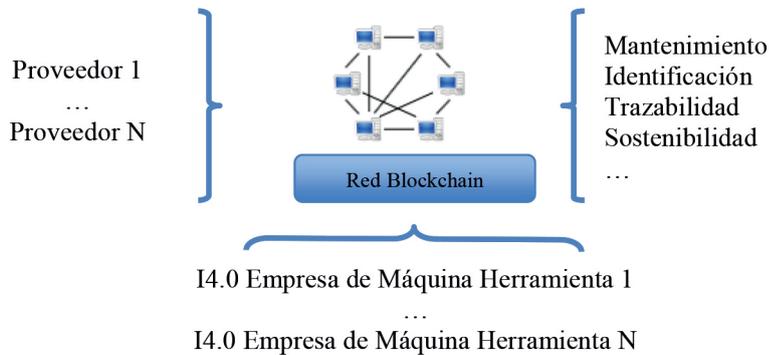


Fig. 5: Entorno de nuevos negocios en Máquina Herramienta I4.0 habilitados por la TBC

puede estar presente en el interior de los dispositivos IoT que registran la información, aportando transparencia, relaciones confiables y capacidades de auditoría [Fig. 5]. Todos estos nuevos desarrollos parecen encontrarse lejos de las posibilidades de las PYMEs debido a su debilidad financiera y necesidad de inversión en I+D.

En este caso la gran fuerza de la utilización de la TBC en las empresas de máquina herramienta puede venir de la mano de la colaboración. Las técnicas y aplicaciones DLT pueden ser el nexo de unión entre las empresas del posible consorcio, permitiéndoles ofrecer servicios que satisfagan todas las necesidades solicitadas por los clientes, incluso cuando no dispongan de la máquina o servicio específico, si estos se encuentran dentro de la red de colaboración blockchain. Este sistema relacional descentralizado puede ser aprovechado por las PYMEs de máquina herramienta para mantener su competitividad en el mercado de I4.0, pudiendo unir sus esfuerzos para mejorar y desarrollar la tecnología CPS necesaria.

Las PYMEs de máquina herramienta que se encuentren dentro de este consorcio podrían alcanzar la oferta que ofrecen las grandes empresas sin perder sus ventajas internas, como la flexibilidad, la rapidez de comercialización y la adaptabilidad. Los contratos inteligentes presentes en la red pueden actuar como los estatutos de colaboración de las empresas participantes, y el mecanismo de transferencia de valor presente en blockchain puede ser una herramienta para compartir el riesgo, las capacidades de financiación y como un

marco de economía interna en donde el dinero puede ser traducido en otros objetos de valor.

#### 4. DISCUSIÓN

La TBC, debido a sus características, se convertirá en un componente clave de la I4.0 en todos sus niveles, desde los dispositivos IoT hasta el desarrollo de negocio. Esta nueva tecnología cambiará el enfoque de los procesos establecidos y actuará como facilitadora de colaboraciones y asociaciones más estrechas, amplias y diversas. Las propiedades de blockchain se encuentran muy alineadas con los objetivos de I4.0. Su naturaleza como registro inmutable distribuido capaz de gestionar las transacciones de valor, y su amplia funcionalidad cuando se utilizan contratos inteligentes, posibilita la llamada 'economía de las máquinas', estableciendo un mecanismo necesario para una colaboración integral entre los dispositivos inteligentes.

La presencia de una entidad capaz de impulsar este tipo de iniciativas puede ser fundamental a la hora de crear un entorno cooperativo en el que participen incluso empresas competidoras, y de hacer posible la recaudación de los fondos necesarios para abordar el desarrollo de nuevas tecnologías y sistemas presentes en I4.0. Cuando se trata de un tema estratégico, como ocurre en el País Vasco respecto a la industria de máquina herramienta, este podría ser el papel del gobierno. Su labor consistiría en actuar como proveedor de la tecnología DLT con el soporte de con-

tratos inteligentes específicos, ofreciendo una plataforma blockchain adecuada a las PYMEs locales, fomentando la colaboración entre empresas y mejorando su competitividad.

Sin embargo, para darse una adopción amplia en I4.0, se deberían resolver antes algunas cuestiones que pueden actuar como barreras de la TBC, a pesar de su gran potencial. A continuación se describen las que pueden tener mayor impacto en esta industria:

- Interoperabilidad y compatibilidad: si las máquinas I4.0 tienen que colaborar entre sí, será necesario estandarizar una solución blockchain en todos los niveles (protocolo, red y aplicación). Hoy en día cada solución sólo es compatible consigo misma, por lo que únicamente permitiría la colaboración de máquinas que utilicen la misma TBC.
- Complejidad: las redes blockchain no hacen uso de una arquitectura estándar probada y validada en sistemas de fabricación por lo que pueden aparecer problemas, como por ejemplo la escalabilidad.
- Sistemas legales, regulatorios y seguridad: no existe un marco preparado para cubrir estos temas.
- Cultural: es una nueva forma de operar y, por lo tanto, hay que superar el miedo al cambio.

Una vez más, el gobierno podría jugar un papel importante en estos dos últimos puntos, siendo por un lado el encargado de definir un marco regulatorio en el que las operaciones dentro de blockchain tengan las mismas garantías que cuando se opera con una entidad mediadora de confianza, y por otro, de fomentar el cambio cultural necesario en las empresas para que se muevan y aprovechen todas las nuevas posibilidades que la TBC les ofrece.

Los problemas mencionados anteriormente se minimizan cuando la RBC es de confianza y trabaja en un entorno privado o de consorcio, como sería el caso típico de la industria.

#### 5. CONCLUSIÓN

El uso de la TBC en la industria de máquina herramienta marcará nuevas vías de hacer negocio, ofreciendo nuevas soluciones y servicios de alto valor añadido a sus clientes, extendiendo la posibilidad de rentabilizar el producto a lo largo de toda su vida útil. La trazabilidad dentro de blockchain garantizará su origen y calidad, reduciendo la posibilidad de falsificación o mal uso, y haciéndolo auditable duran-

te todo el ciclo de vida completo. Esto es particularmente interesante en términos de ecodiseño y de economía circular, pudiendo llegar a ser una herramienta clave para los gobiernos y las empresas que promueven la sostenibilidad.

Esta tecnología puede convertirse en una nueva oportunidad para las PYMEs de máquina herramienta, utilizándola para contrarrestar su desventaja frente a las grandes empresas en términos de capacidad financiera, oferta de servicios, captación de fondos y esfuerzos de desarrollo. Blockchain puede funcionar como un sistema de colaboración interempresarial flexible y adaptable, proporcionando una vía para hacer frente a los nuevos retos que presenta la fabricación inteligente y aumentando su competitividad. En primera instancia, blockchain conectaría de manera confiable toda la cadena de suministro, adaptándola a cualquier solicitud específica del mercado [Fig. 4]. La misma tecnología serviría como sistema de base para la construcción de alianzas, uniendo a las PYMEs para mejorar y ampliar sus capacidades, sin perder sus ventajas como la rapidez en la comercialización, la flexibilidad y la personalización [Fig. 5].

Este documento es el resultado de un análisis exploratorio realizado durante la primera fase de una tesis doctoral con el

objetivo de generar resultados científicos en el futuro. Muestra diferentes modos de aprovechar la TBC dentro de la industria de máquina herramienta en todas sus dimensiones, tales como en los dispositivos IoT, cadena de suministro, alianzas, ciclo de vida del producto, oportunidades de negocio, colaboración entre empresas, trazabilidad y sostenibilidad. Se ha prestado especial atención a las PYMEs y a sus necesidades específicas debido a su impacto en la economía. A partir de aquí se debe realizar un estudio que analice más a fondo cada caso, su implementación y los retos particulares en cada contexto.

Blockchain se utiliza actualmente en numerosos sectores y diferentes ámbitos de aplicación habiendo demostrado su fiabilidad y sus ventajas. Ahora es el momento de trasladar todas estas oportunidades al sector de máquina herramienta.

## REFERENCIAS

- [1] Vaidya S, Ambad P and Bhosle S, "Industry 4.0 - A Glimpse," *Procedia Manufacturing*, Vol. 20, p. 233-238 <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.02.034>
- [2] García-Pastor I, Otegi-Olaso J R and Sánchez-Fuente F, "Unveiling the Opportunities of Using Blockchain in Project Management," *Proceedings of the 1st International Conference on Research and Education in Project Management*. Bilbao. 2018
- [3] Müller C and Hasic D, "Blockchain: Technology and Applications," University of Salzburg, Jul. 2016
- [4] Dr Garrick Hileman and Michel Rauchs, "Global Blockchain Benchmarking Study," Cambridge Centre for Alternative Finance, University of Cambridge, 2017
- [5] Nowiński W and Kozma M, "How Can Blockchain Technology Disrupt the Existing Business Models?," *Entrepreneurial Business and Economics Review*, Vol. 5, no. 3, p. 173-188 <https://doi.org/10.15678/EBER.2017.050309>
- [6] Müller J M, Buliga O and Voigt K-I, "Fortune favors the prepared: How SMEs approach business model innovations in Industry 4.0," *Technological Forecasting and Social Change* <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2017.12.019>
- [7] Dieterich V et al., "Application of Blockchain Technology in the Manufacturing Industry," *Frankfur School Blockchain Center*, Nov. 2017
- [8] Issa A, Lucke D and Bauernhansl T, "Mobilizing SMEs Towards Industrie 4.0-enabled Smart Products," *Procedia CIRP*, Vol. 63, p. 670-674 <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.03.346>
- [9] Oh J and Shong I, "A case study on business model innovations using Blockchain: focusing on financial institutions," *Asia Pacific Journal of Innovation and Entrepreneurship*, Vol. 11, no. 3, p. 335-344 <https://doi.org/10.1108/APJIE-12-2017-038>
- [10] Kshetri N, "1 Blockchain's roles in meeting key supply chain management objectives," *International Journal of Information Management*, Vol. 39, p. 80-89 <https://doi.org/10.1016/j.ijinfomgt.2017.12.005>

# DYNA

## Ingeniería e Industria

Suscríbete a Revista Dyna

Revista técnico científica de ingeniería multidisciplinar desde 1926

Los mejores artículos en español para investigadores y profesionales de la ingeniería.  
Mantente actualizado y conoce el estado del arte en ingeniería.

### PROMOCIÓN PARA COLEGIADOS:

La suscripción a DYNA impresa incluye la suscripción digital a DYNA y a otras 3 revistas especializadas:

- DYNA Energía y Sostenibilidad (DYNAES)
- DYNA Management (DYNAMN)
- DYNA Nuevas Tecnologías (DYNANT)

Suscripción Impresa + 4 revistas digitales ..... 50 €/año

Para acogerse a esta promoción escribanos a [dyna@revistadyna.com](mailto:dyna@revistadyna.com)  
(o llame al 944 237 566) indicando su colegio y número de colegiado.



<https://revistadyna.net/producto/suscripcion-colegiado-impresa-para-espana/>