GRADO EN ECONOMÍA

CURSO ACADÉMICO 2024-2025

TRABAJO FIN DE GRADO

IMPACTO DE BLOCKCHAIN EN LA EFICIENCIA FINANCIERA

IMPACT OF BLOCKCHAIN ON FINANCIAL EFFICIENCY

AUTOR/A: SAIDI GONZÁLEZ LEHMANN

DIRECTOR/A: XOSÉ LUÍS FERNÁNDEZ LÓPEZ

CONVOCATORIA DE DEFENSA: FEBRERO, 2025

DECLARACIÓN RESPONSABLE

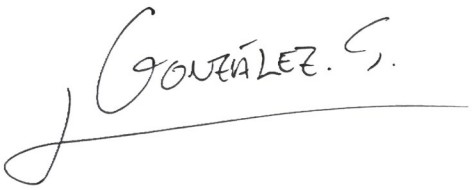
La persona que ha elaborado el TFG que se presenta es la única responsable de su contenido. La Universidad de Cantabria, así como quien ha ejercido su dirección, no son responsables del contenido último de este Trabajo.

En tal sentido, Don Saidi González Lehmann se hace responsable:

1. *De la AUTORÍA Y ORIGINALIDAD del trabajo que se presenta.*
2. *De que los DATOS y PUBLICACIONES en los que se basa la información contenida en el trabajo, o que han tenido una influencia relevante en el mismo, han sido citados en el texto y en la lista de referencias bibliográficas.*

Asimismo, declara que el Trabajo Fin de Grado tiene una extensión de máximo 10.000 palabras, excluidas tablas, cuadros, gráficos, bibliografía y anexos.

Fdo.:



ÍNDICE

RESUMEN

Este trabajo explora el impacto de la tecnología blockchain en la eficiencia financiera, a través de la revisión de la literatura existente. La motivación del estudio surge del creciente interés en blockchain, no solo por su asociación con las criptomonedas, sino por su capacidad para transformar procesos financieros tradicionales. El trabajo se estructura en dos líneas principales: primero, se define y explica cómo funciona la blockchain, destacando sus características clave como la descentralización, inmutabilidad y transparencia. Segundo, se evalúa su impacto en la eficiencia financiera, centrándose en la reducción de costes y tiempos en pagos internacionales, la automatización de contratos inteligentes (smart contracts), y el desarrollo de nuevos modelos financieros como las finanzas descentralizadas (DeFi) y las monedas digitales de bancos centrales (CBDC).

El estudio también aborda los desafíos de la implementación de blockchain, como la regulación o la escalabilidad. Se analizan casos de uso en diversos sectores, incluyendo finanzas, seguros y cadenas de suministro, destacando cómo los contratos inteligentes y la tokenización de activos pueden optimizar procesos y reducir costes. Finalmente, el trabajo concluye que, aunque blockchain tiene el potencial de revolucionar el sector financiero, su adopción masiva dependerá de la superación de barreras regulatorias y técnicas, así como de la aceptación por parte de las instituciones financieras tradicionales.

ABSTRACT

This paper explores the impact of blockchain technology on financial efficiency, through a review of existing literature. The motivation for the study arises from the growing interest in blockchain, not only for its association with cryptocurrencies, but for its ability to transform traditional financial processes. The paper is structured along two main lines: first, it defines and explains how blockchain works, highlighting its key features such as decentralization, immutability and transparency. Second, it assesses its impact on financial efficiency, focusing on the reduction of costs and times in international payments, the automation of smart contracts, and the development of new financial models such as decentralized finance (DeFi) and central bank digital currencies (CBDC).

The study also addresses the challenges of blockchain implementation, such as regulation or scalability. Use cases are analyzed in various sectors, including finance, insurance and supply chains, highlighting how smart contracts and asset tokenization can optimize processes and reduce costs. Finally, the paper concludes that, although blockchain has the potential to revolutionize the financial sector, its mass adoption will depend on overcoming regulatory and technical barriers, as well as acceptance by traditional financial institutions.

1 INTRODUCCIÓN

En un contexto de creciente digitalización y transformación de los sistemas financieros, la tecnología blockchain ha surgido como una importante innovación que promete revolucionar la forma en que se registran y gestionan las transacciones a nivel global. Esta tecnología, que en un principio parecía restringida a un nicho tecnológico y asociada exclusivamente a Bitcoin, ha demostrado ser una herramienta versátil y disruptiva con aplicaciones mucho más amplias y relevantes. El creciente interés por blockchain no es solo anecdótico, sino que está respaldado por la adopción y exploración por parte de instituciones serias y tradicionales como bancos centrales, empresas globales y organismos regulatorios. Prueba de ello, el Banco Central Europeo (BCE) ha anunciado el desarrollo de un euro digital, un proyecto basado en la tecnología blockchain que busca modernizar los pagos en la zona euro. Asimismo, el Banco Popular de China ya está en fases avanzadas de prueba con su yuan digital, posicionándose como líder en esta innovación.

Grandes entidades financieras como J.P. Morgan, Goldman Sachs y Santander han comenzado a implementar soluciones blockchain para optimizar procesos de pagos, liquidaciones y financiamiento. Según un informe de Accenture, la tecnología blockchain podría reducir los costes de infraestructura de los bancos de inversión en un 30%, lo que se traduce en ahorros anuales de entre 8.000 y 12.000 millones de dólares (IT User, 2017).

A nivel más amplio, el blockchain también está permitiendo el desarrollo de las CBDC (Monedas Digitales de Bancos Centrales), soluciones descentralizadas en Fintech y la popularización de las finanzas descentralizadas (DeFi). Todos estos avances sugieren que estamos ante un potencial cambio de paradigma que podría transformar por completo el funcionamiento del sector financiero tradicional.

1.1 OBJETIVO DEL TRABAJO

El presente trabajo tiene como objetivo principal analizar la tecnología blockchain y evaluar su impacto potencial en la eficiencia del sector financiero. Para lograrlo, se plantean dos líneas de estudio claramente definidas:

1. Definir qué es la blockchain y cómo funciona: Se analizarán los fundamentos de esta tecnología, explicando su estructura básica, sus características principales y los mecanismos que la hacen operativa. Para ello, se detallará el concepto de cadena de bloques, los sistemas *Proof of Work* (PoW) y la descentralización como pilar fundamental.
2. Evaluar el efecto que puede tener blockchain en la eficiencia del sector financiero: A partir de una revisión de la literatura académica, se estudiará cómo blockchain podría transformar la industria financiera. Este análisis se centrará en aspectos como:
    - La reducción de costes y tiempos en procesos como pagos internacionales, liquidaciones y compensaciones.
    - La mejora en la transparencia y seguridad de las transacciones financieras.
    - La automatización de contratos a través de *smart contracts*.
    - El desarrollo de nuevos modelos financieros, como las finanzas descentralizadas (DeFi) y las monedas digitales de bancos centrales (CBDC).
    - Los desafíos y barreras que enfrenta su implementación, como la regulación, la escalabilidad y el consumo energético.

Por lo tanto, el trabajo busca reflexionar sobre la posibilidad de que blockchain pueda representar la próxima gran transformación en la economía, particularmente en el ámbito financiero global, proporcionando una visión completa de sus beneficios, restricciones y desafíos.

1.2 ESTRUCTURA

El trabajo está organizado de manera progresiva en 5 capítulos para facilitar la comprensión de la tecnología y sus aplicaciones.

El primero de ellos, *2. La tecnología blockchain*, trata de establecer el contexto necesario para entender la tecnología a través de los subapartados *2.1 Origen y definición*, *2.2 Tipos de blockchain* y *2.3 Características de blockchain*.

A lo largo del capítulo *3. Aplicaciones de la tecnología* se analizan sus aplicaciones en el sector financiero, desde las más básicas hasta las más avanzadas. Se empieza con el *3.1 Blockchain como método de pago: criptomonedas* y el *3.2 Transacciones económicas* ya que son las formas más conocidas y sencillas de entender. Luego, se exploran conceptos más complejos como en el *3.3 Smart contracts* y *3.4 Tokenización de activos*, que permiten automatizar procesos y representar digitalmente distintos tipos de bienes. Más adelante, en el *3.5 Captación de fondos mediante blockchain* se examinan nuevas formas de recaudación de fondos basadas en blockchain. Finalmente, se llega al *3.6 Finanzas Descentralizadas (DeFi)*, que combina todas las aplicaciones anteriores en un ecosistema financiero completamente digital y sin intermediarios.

Se pasa entonces al capítulo *4. Principales desafíos* con un análisis de los desafíos y barreras que enfrenta esta tecnología. Y finalmente, el capítulo *5. Conclusiones* en el que se recogen los principales hallazgos realizados a lo largo de este trabajo.

2 LA TECNOLOGÍA BLOCKCHAIN

2.1 ORIGEN Y DEFINICIÓN

En el año 2008, un usuario anónimo bajo el pseudónimo de Satoshi Nakamoto publicó en la *Cryptography Mailing List*, un foro especializado en criptografía, un artículo (*A Peer-to-Peer Electronic Cash System*) en el que proponía una idea revolucionaria: un sistema para la creación de una moneda digital completamente descentralizada, conocida posteriormente como Bitcoin. Este sistema no requería de intermediarios para validar las transacciones, ni de una autoridad central como un banco o un gobierno. En su lugar, proponía una tecnología basada en la distribución y la criptografía para gestionar de forma segura y transparente las operaciones: la cadena de bloques, o blockchain.

La idea central de Nakamoto consistía en resolver problemas fundamentales del dinero digital. Aunque la digitalización del dinero no era un concepto nuevo, hasta ese momento todas las transacciones virtuales dependían de una entidad centralizada que verificara y registrara las operaciones. Este modelo generaba varias limitaciones, como la dependencia absoluta de terceros para gestionar fondos, la exposición a problemas de privacidad al compartir datos personales y el riesgo de manipulación o inflación, debido a que los bancos centrales tienen el poder de emitir dinero a voluntad (Nakamoto, 2008). Nakamoto pretendía solventar estas cuestiones con Bitcoin y blockchain, creando un sistema que eliminara la necesidad de intermediarios y ofreciera características únicas, como anonimato, transparencia y descentralización.

Blockchain, como tecnología, puede definirse como una base de datos distribuida que almacena información en una secuencia de bloques enlazados criptográficamente. Cada bloque contiene información sobre un conjunto de transacciones, un marcador temporal y un identificador único conocido como hash (Gentile, 2017).

Un hash es el resultado de aplicar un algoritmo matemático a un conjunto de datos para generar un código alfanumérico único, de longitud fija, que actúa como un identificador de esos datos. Este código es único para los datos que representa: si se modifica cualquier parte del contenido original, el hash resultante será completamente diferente. Este hash es fundamental ya que, en la información contenida en cada bloque, se incluye el hash del bloque anterior por lo que toda la cadena de bloques queda enlazada (Donohue, 2025).

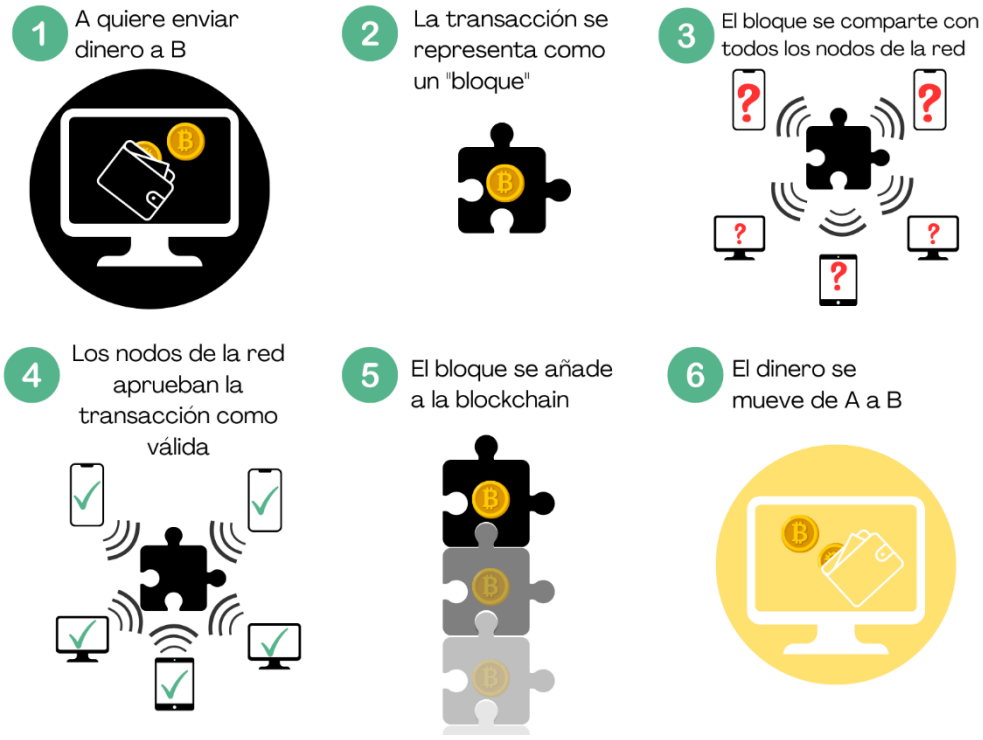
Este diseño garantiza la inmutabilidad de los datos: cualquier intento de alterar la información registrada en un bloque modificaría los hashes de todos los bloques subsiguientes, algo que requeriría un nivel de potencia computacional inalcanzable para la mayoría de los agentes.

A diferencia de las bases de datos tradicionales, que suelen estar alojadas en servidores centralizados bajo el control de una sola entidad, blockchain opera mediante una red descentralizada de nodos, en la que cada participante almacena una copia completa del registro (Nakamoto, 2008). Esta distribución garantiza que no haya un único punto de fallo: incluso si varios nodos dejan de operar, el sistema puede continuar funcionando mientras haya usuarios activos en la red. Además, esta característica hace que blockchain sea prácticamente invulnerable a manipulaciones externas y que su contenido sea altamente seguro.

El funcionamiento de blockchain se basa en un mecanismo de consenso para validar y añadir nuevos bloques a la cadena. El sistema más conocido es el Proof of Work (PoW), que fue el empleado por Bitcoin. Este concepto, originalmente propuesto por Markus Jakobsson y Ari Juels en su trabajo *Proofs of Work and Bread Pudding Protocols* (1997), fue adaptado por Satoshi Nakamoto para validar transacciones y garantizar la seguridad

del sistema de Bitcoin. En este modelo, los nodos participantes, conocidos como mineros, deben resolver complejos problemas matemáticos para generar un bloque válido. Este proceso asegura que la red permanezca protegida contra ataques, ya que cualquier intento de manipulación requeriría una cantidad masiva de recursos computacionales y energéticos, haciéndolo inviable. A continuación, en la Figura.1 se lleva a cabo una explicación simplificada del funcionamiento de una red blockchain.

Figura 1: Funcionamiento de blockchain



Fuente: Elaboración propia a partir de Financial Times (2025)

Desde un punto de vista práctico, blockchain actúa como un libro contable global donde se registran todas las transacciones realizadas (IBM, 2025). Este libro es público y accesible para todos los participantes, lo que garantiza la transparencia. Sin embargo, las cuentas o monederos asociados a las transacciones son anónimos, lo que protege la identidad de los usuarios. Aunque se puede rastrear el recorrido de cada moneda desde su creación hasta su estado actual, no es posible identificar directamente a las personas detrás de las transacciones. Este equilibrio entre trazabilidad y anonimato es una de las razones por las que blockchain ha sido tan innovador.

2.2 TIPOS DE BLOCKCHAIN

La tecnología blockchain ha evolucionado considerablemente desde su introducción inicial con Bitcoin en 2008. Actualmente, se clasifica en cuatro tipos principales: pública, privada, híbrida y de consorcio, cada una con características y aplicaciones específicas que se adaptan a diversas necesidades en sectores como las finanzas, la logística y el gobierno.

2.2.1 Blockchain Pública

Las blockchain públicas son redes completamente descentralizadas y accesibles para cualquier usuario que desee participar. Estas permiten la lectura, escritura y validación de transacciones sin requerir permisos o autorizaciones. Las blockchains públicas se

fundamentan en mecanismos de consenso como el proof-of-work (PoW) o el proof-of-stake (PoS)[1], que garantizan la seguridad y la integridad de las transacciones. Ejemplos destacados incluyen Bitcoin y Ethereum, los cuales serán definidos y analizados más adelante.

2.2.2 Blockchain Privada

Al contrario, las blockchains privadas son redes restringidas, donde los participantes deben ser autorizados por una entidad central. Estas redes son gestionadas por una organización específica, lo que permite un control total sobre las operaciones y la gobernanza. Aunque sacrifican descentralización, las blockchains privadas ofrecen ventajas como mayor velocidad de procesamiento, eficiencia energética y privacidad en las transacciones (Tasca y Tessone, 2019). Estas características las hacen ideales para sectores como la banca y la logística, donde es fundamental proteger datos sensibles.

2.2.3 Blockchain Híbrida

Las blockchains híbridas mezclan elementos de las blockchains públicas y privadas. Este tipo de red permite que algunas operaciones sean accesibles públicamente, mientras que otras permanecen privadas y limitadas a usuarios específicos. Este enfoque proporciona flexibilidad y es útil en contextos donde se requiere transparencia hacia ciertos actores, pero también confidencialidad en áreas críticas (Tasca y Tessone, 2019). Un caso de uso típico es la gestión de cadenas de suministro. Aquí, las partes interesadas pueden verificar la autenticidad de los productos y su trazabilidad, mientras que los detalles sensibles, como precios y acuerdos comerciales, permanecen privados (Xu et al., 2017).

2.2.4 Blockchain de Consorcio

Las blockchains de consorcio o federadas son gestionadas por un grupo de organizaciones que comparten la responsabilidad de mantener la red. En estas, el consenso se alcanza mediante nodos preseleccionados, lo que aumenta la eficiencia y reduce los costes energéticos en comparación con las blockchains públicas (Cong y He, 2021). Este modelo es común en sectores donde la colaboración entre múltiples entidades es esencial, como la banca internacional.

Para facilitar la comprensión de las diferencias entre tipos de blockchain, en la Figura 2 se detallan las mismas a través de una tabla.

Figura 2: Comparación entre tipos de blockchain

	Pública	**Privada**	**Híbrida**	**Consorcio**
Descentralización	Alta	Baja	Media	Media
Transparencia	Alta	Baja	Media	Media
Eficiencia	Media	Alta	Alta	Alta
Seguridad	Media	Alta	Alta	Alta
Ejemplos	Bitcoin, Ethereum	Hyperledger Fabric	Ripple	R3 Corda

Fuente: Elaboración propia

[1] Mecanismo de consenso en blockchain donde la validación depende de la cantidad de criptomonedas apostadas, reduciendo el consumo energético frente a Proof of Work.

2.3 CARACTERÍSTICAS DE BLOCKCHAIN

A pesar de la existencia de diferentes tipos de blockchain, esta tecnología comparte una serie de características comunes. Siguiendo el análisis de Wu et al (2024), las principales características son las siguientes:

Descentralización: La descentralización es una característica clave de blockchain. A diferencia de los sistemas tradicionales que dependen de autoridades centrales para validar transacciones, blockchain distribuye esta función entre múltiples nodos. Cada nodo tiene los mismos derechos para registrar y verificar datos. En sistemas convencionales, la confianza se basa en intermediarios, lo que puede generar problemas de transparencia y seguridad. Blockchain, en cambio, elimina esta necesidad con una red distribuida que permite un intercambio seguro de datos y activos a nivel global.

Inmutabilidad: Una vez almacenados en blockchain, los datos no pueden ser modificados. Cada bloque contiene un hash único del anterior, lo que dificulta cualquier alteración. Esta estructura encadena los bloques de información y los distribuye en la red, asegurando su integridad. Esto hace que los datos en blockchain gocen de una alta seguridad.

Transparencia y anonimato: Blockchain almacena datos de forma descentralizada, permitiendo que todos los nodos vean las transacciones. Sin embargo, en lugar de usar información personal, emplea direcciones de claves públicas, logrando un equilibrio entre transparencia y anonimato. Así, los registros en blockchain son accesibles y se pueden verificar sin invadir la privacidad de los usuarios.

Alta disponibilidad: Blockchain utiliza un modelo de computación distribuida que mantiene la red operativa incluso si algunos nodos fallan o son atacados. Al repartir los datos entre varios nodos, el sistema es más resistente a interrupciones y garantiza estabilidad y continuidad en sus operaciones.

Eficiencia: Blockchain mejora la eficiencia mediante contratos inteligentes, que automatizan procesos y eliminan intermediarios en transacciones. Esto reduce costes, evita errores humanos y aumenta la fiabilidad y precisión de las operaciones.

3 APLICACIONES DE LA TECNOLOGÍA

3.1 BLOCKCHAIN COMO MÉTODO DE PAGO: CRIPTOMONEDAS

3.1.1 Bitcoin

Según Nakamoto (2008) Bitcoin permite realizar transferencias de valor entre partes sin la necesidad de intermediarios, gracias a un modelo de consenso denominado proof-of-work (*prueba de trabajo*), que valida las transacciones y asegura la red mediante un mecanismo criptográfico.

Desde una perspectiva técnica y económica, Bitcoin se define como un activo digital que utiliza criptografía para garantizar la integridad de las transacciones y la emisión de nuevas unidades, siendo estas controladas por un protocolo descentralizado gestionado por una red de nodos independientes. Esta estructura elimina la necesidad de confiar

en una autoridad central para verificar las transacciones, lo que permite a los usuarios operar en un entorno de confianza descentralizada (Xu et al., 2017).

Por otra parte, Catalini y Gans (2020) destacan que Bitcoin ha introducido dos innovaciones económicas fundamentales: la reducción de los costes de verificación, al permitir validar el estado de las transacciones sin intermediarios, y la disminución de los costes de red, al facilitar la creación de un mercado descentralizado. Estas características han impulsado su adopción como un nuevo tipo de activo digital y un medio de intercambio alternativo en economías donde la confianza en las instituciones es limitada.

Además, Auer et al. (2021) indican que Bitcoin ha evolucionado para convertirse no solo en un sistema de pago, sino también en una forma de reserva de valor que atrae a usuarios e inversores interesados en diversificar sus activos frente a la volatilidad de los sistemas monetarios tradicionales. Sin embargo, su uso sigue enfrentando desafíos como la volatilidad del precio y las preocupaciones regulatorias relacionadas con el uso que se le ha dado en actividades ilícitas por su anonimato.

3.1.2 Stable coins

Si bien Bitcoin se ha convertido en una auténtica revolución en el sector, su alta volatilidad y su dificultad para convertirse en un medio de pago comúnmente aceptado ha supuesto que los bancos centrales no vean en Bitcoin una verdadera amenaza. Sin embargo, la aparición de otro tipo de criptomonedas llamadas “stable coins” ha elevado las alarmas sobre la amenaza que pueden suponer para la política monetaria de muchos estados.

Según la definición de Fernández Herraiz (2020), “Las stable coins son tokens o criptomonedas que mantienen un valor estable contra una divisa de curso legal” y se puede seguir la siguiente clasificación en función de qué mecanismo siguen para lograr dicha estabilidad en su valor:

Stable coins respaldadas por dinero en cuenta: También llamadas fondos tokenizados, su valor está respaldado por reservas en efectivo.

Stable coins colateralizadas por activos tradicionales: Su estabilidad proviene de activos físicos fuera de la blockchain, como oro o bonos.

Stable coins colateralizadas por criptoactivos: Utilizan otros criptoactivos dentro de la blockchain como garantía.

Stable coins algorítmicas: Mantienen la estabilidad mediante mecanismos de trading y expectativas del mercado, sin respaldo físico.

Las stable coins surgen como un instrumento clave para mejorar la eficiencia del sector financiero al reducir costes operativos, optimizar la liquidez y agilizar los procesos de pago. Su principal ventaja consiste en la eliminación de intermediarios en transacciones internacionales, permitiendo pagos instantáneos y a bajo coste en comparación con los sistemas bancarios tradicionales, donde las transferencias pueden tardar días y estar sujetas a elevadas comisiones. Además, estas criptomonedas estables facilitan la inclusión financiera al proporcionar acceso a sistemas de pago digitales sin necesidad de una cuenta bancaria, lo que resulta muy importante en economías emergentes. En el ámbito de las Finanzas Descentralizadas (DeFi), las stable coins se han convertido en un pilar fundamental para el funcionamiento de préstamos, staking[2] y contratos

[2] El staking es el proceso de bloquear criptomonedas en una blockchain basada en Prueba de Participación (Proof of Stake) para validar transacciones y asegurar la red, obteniendo

inteligentes, permitiendo una mayor eficiencia en la asignación de capital y reduciendo la volatilidad de otros criptoactivos.

No obstante, su impacto positivo depende de la solidez de sus mecanismos de respaldo y del marco regulatorio que garantice su estabilidad y transparencia, como se ha evidenciado en casos como el colapso de TerraUSD. En este sentido, Schär (2021) destaca que las stablecoins pueden desempeñar un papel crucial en la modernización del sistema financiero, siempre que su adopción esté acompañada de regulaciones adecuadas que eviten riesgos sistémicos y protejan a los usuarios.

Uno de los proyectos de stablecoin más relevantes fue la propuesta de un consorcio de empresas lideradas por Facebook (ahora Meta), anunciada en 2019, con el objetivo de crear una stablecoin global llamada *Libra*. Su propósito era permitir pagos digitales rápidos y accesibles a nivel mundial, especialmente para personas sin acceso a servicios bancarios tradicionales. *Libra* estaría respaldada por una cesta de activos financieros estables, incluidos depósitos bancarios y bonos del gobierno, para reducir la volatilidad típica de las criptomonedas.

La simple idea de un proyecto de estas características liderado por una empresa que en aquel entonces contaba ya con más de 2.000 millones de usuarios mensuales a través de sus diferentes productos, fue suficiente para alzar las alarmas entre multitud de bancos centrales (Fernández Herraiz, 2020).

Libra representaba una amenaza para los bancos centrales por varias razones clave. Su existencia podría haber reducido su control sobre la política monetaria, ya que, al operar de manera independiente, habría dificultado la regulación de la oferta monetaria y la inflación. Además, suponía un riesgo de desintermediación bancaria, dado que los usuarios podrían haber optado por almacenar su dinero en *Libra* en lugar de en bancos tradicionales, afectando su capacidad de otorgar créditos. Asimismo, *Libra* podía competir directamente con monedas nacionales, sobre todo en economías inestables, debilitando la efectividad de las políticas monetarias locales. Por otro lado, los reguladores temían que facilitara transacciones ilícitas, al no estar sujeta a la misma supervisión que el sistema financiero tradicional. Finalmente, otorgaba un poder financiero sin precedentes a Facebook, lo que generaba preocupaciones sobre privacidad, monopolio financiero y control sobre los datos de los usuarios.

Ante estas preocupaciones, la fuerte oposición de diferentes gobiernos como el de Francia o Estados Unidos dificultó la viabilidad del proyecto por lo que finalmente el proyecto fue abandonado (Abraham y Guégan, 2020). Sin embargo, motivó la investigación por parte de las entidades monetarias de las monedas digitales de bancos centrales conocidas como CBDC por sus siglas en inglés, como el euro o el yuan digital.

3.1.3 Central Bank Digital Currency (CBDC)

Las Monedas Digitales de Bancos Centrales (CBDC) son una forma de dinero digital emitida directamente por un banco central, lo que las distingue de las criptomonedas privadas y del dinero bancario tradicional. Su desarrollo surge como una respuesta a la creciente digitalización del sistema financiero y al avance de tecnologías como la blockchain que han abierto nuevas posibilidades en la emisión y gestión del dinero.

Según Fernández de Lis y Gouveia (2019), una CBDC constituye una alternativa al dinero en efectivo, con la particularidad de que puede diseñarse con distintas características dependiendo de los objetivos que persiga la autoridad monetaria. Mientras que el efectivo tradicional se caracteriza por ser un medio de pago universal,

recompensas a cambio. Se utiliza en Finanzas Descentralizadas (DeFi) para generar rendimientos y mejorar la liquidez del sistema.

anónimo y que no devenga intereses, las CBDC pueden presentar variaciones en estos aspectos, permitiendo a los bancos centrales configurar sus propiedades de acuerdo con las necesidades del sistema financiero y la economía. En este sentido, las CBDC pueden diferenciarse en tres aspectos:

1. **Accesibilidad**: pueden ser de acceso universal (disponibles para toda la población) o restringido (limitadas a instituciones financieras).
2. **Identificación**: pueden ser anónimas (como el efectivo) o identificadas (similares a las cuentas bancarias tradicionales, donde cada transacción queda registrada y vinculada a un titular).
3. **Generación de intereses**: pueden devengar intereses (lo que les otorgaría una función adicional en la política monetaria) o no hacerlo (manteniendo una equivalencia con el efectivo tradicional).

A partir de estas características, los autores identifican cuatro variantes principales de CBDC, cada una con implicaciones distintas para el sistema financiero:

- **CBDC para liquidaciones interbancarias**: se trata de una CBDC de acceso restringido, utilizada exclusivamente por bancos e instituciones financieras en el mercado mayorista de pagos. Su objetivo es mejorar la eficiencia y seguridad de las transacciones entre bancos sin afectar al dinero en circulación para el público general.
- **CBDC como sustituto del efectivo**: en esta modalidad, la CBDC sería accesible para toda la población, anónima y sin intereses, funcionando como una versión digital del dinero en papel. Su principal ventaja radica en la reducción de costes asociados a la emisión, distribución y gestión del efectivo físico, además de mejorar la seguridad y trazabilidad de las transacciones.
- **CBDC como herramienta de política monetaria**: esta variante mantendría la accesibilidad universal, pero a diferencia del efectivo tradicional, permitiría la aplicación de intereses, ya sean positivos o negativos. Esto podría ofrecer a los bancos centrales un mayor control sobre la liquidez del sistema y facilitar la implementación de políticas monetarias expansivas, especialmente en entornos de tasas de interés cercanas a cero.
- **CBDC como depósito público en bancos centrales**: en esta opción, los ciudadanos y empresas podrían abrir cuentas directamente en el banco central, lo que reduciría la dependencia del sistema bancario comercial para la gestión del dinero. Si bien esta propuesta tiene el potencial de minimizar el riesgo de crisis bancarias al ofrecer un refugio seguro para los depósitos, también podría generar una disrupción significativa en el sistema financiero tradicional, afectando la intermediación bancaria y la asignación de crédito en la economía.

La introducción de las CBDC podría optimizar los mecanismos de pago, reducir costes operativos y mejorar la estabilidad del sistema financiero. No obstante, su implementación también genera riesgos en la intermediación financiera y en el modelo de negocio de los bancos comerciales.

Uno de los beneficios más evidentes de la introducción de una CBDC es la reducción de los costes de transacción en los sistemas de pago. Según el Banco de España (2020), los pagos digitales han aumentado considerablemente en los últimos años, y una CBDC podría facilitar operaciones más rápidas, seguras y accesibles, reduciendo la necesidad de intermediarios en las transacciones. Esto resulta de especial relevancia en pagos transfronterizos, donde los procesos actuales suelen ser lentos y costosos

debido a la intervención de múltiples entidades. En este sentido, una CBDC bien diseñada permitiría eliminar fricciones en los pagos internacionales y disminuir la dependencia de sistemas de compensación tradicionales, mejorando así la eficiencia general del sector financiero.

Además de optimizar los pagos, las CBDC pueden fomentar una mayor competencia en el sector bancario, incentivando a los bancos comerciales a mejorar sus servicios y reducir costes. Fernández de Lis y Gouveia (2019) señalan que la presencia de una CBDC podría generar presión sobre los bancos para que ofrezcan productos financieros más atractivos, dado que los ciudadanos y empresas tendrían la opción de mantener su dinero directamente en cuentas del banco central, sin necesidad de recurrir a depósitos bancarios tradicionales. Esto podría derivar en una reducción de los márgenes de intermediación bancaria, lo que, en teoría, obligaría a las entidades financieras a mejorar la eficiencia en la gestión de sus recursos y a desarrollar modelos de negocio más competitivos.

No obstante, este mismo efecto también podría convertirse en un riesgo de desintermediación bancaria, que afectaría la capacidad de los bancos comerciales para conceder crédito. Si una gran parte de los depósitos se trasladara a cuentas en el banco central, las entidades financieras verían reducida su base de financiación, lo que podría limitar su capacidad para otorgar préstamos. Esto podría afectar negativamente la eficiencia del sistema, al dificultar la asignación de recursos y generar posibles distorsiones en los mercados crediticios.

Otro aspecto relevante es la estabilidad financiera, que puede verse afectada tanto positiva como negativamente por la introducción de una CBDC. Por un lado, al proporcionar un activo digital seguro y respaldado por el banco central, una CBDC podría reducir la vulnerabilidad del sistema financiero ante crisis bancarias mejorando la confianza de los ciudadanos en el dinero digital. Por otro lado, si los ciudadanos perciben la CBDC como una alternativa más segura que los depósitos bancarios en momentos de incertidumbre, podría producirse una transferencia masiva de fondos desde los bancos comerciales hacia el banco central, aumentando el riesgo de inestabilidad en el sector privado.

En resumen, las CBDC tienen la capacidad de incrementar la eficiencia del sector al disminuir los costes de transacción, mejorar los sistemas de pago y promover la competencia en el sector bancario. No obstante, también pueden presentar retos significativos, como la desintermediación bancaria y sus repercusiones en la concesión de préstamos, además de amenazas para la estabilidad financiera. Su efecto final se basará en gran parte en el diseño e implementación de estas, además de las acciones regulatorias que se impongan.

Desde hace algunos años, el Banco de Pagos Internacionales (BIS) ha llevado a cabo diversas encuestas para evaluar el grado de interés y avance de los bancos centrales en el desarrollo de las CBDC. Estas encuestas han permitido observar cómo ha evolucionado la percepción sobre este instrumento financiero, desde un enfoque inicialmente cauteloso hasta una fase en la que múltiples bancos centrales han comenzado a realizar pruebas piloto con el objetivo de una implementación real.

Uno de los primeros estudios fue el de Barontini y Holden (2019), quienes analizaron el progreso de 63 bancos centrales en su exploración de las CBDC. En su informe, los autores destacaron que las economías avanzadas y las economías emergentes presentaban enfoques diferentes respecto a la posible emisión de una moneda digital. Mientras que en las primeras el debate se centraba en cómo mejorar la seguridad en los pagos y favorecer la estabilidad financiera, en las economías emergentes los principales objetivos eran la eficiencia en los pagos domésticos y la posibilidad de fomentar la inclusión financiera. A pesar de estos intereses, en ese momento la mayoría

de los bancos centrales aún se encontraban en fases iniciales de análisis, limitándose en su mayoría a estudios teóricos y pruebas sin avances importantes hacia su implementación.

Desde entonces, el BIS ha continuado monitoreando la evolución de las CBDC a través de encuestas sucesivas, las cuales han demostrado que el desarrollo de estas monedas digitales ha seguido ganando impulso a nivel global. En 2021, Boar y Wehrli publicaron un nuevo estudio en el que destacaban que más del 85% de los bancos centrales estaban involucrados en investigaciones o pruebas sobre CBDC, con un 14% de ellos ya en etapas avanzadas de prueba piloto.

Más recientemente, en junio de 2024, el BIS publicó el informe con la actualización más reciente sobre el estado de las CBDC a nivel global. Este estudio reveló que el 94% de los bancos centrales encuestados están explorando alguna forma de CBDC, lo que demuestra que el interés por estas monedas digitales no solo se ha mantenido, sino que ha seguido en aumento. Un hallazgo importante de este informe es que la probabilidad de que los bancos centrales emitan una CBDC mayorista en los próximos seis años ahora supera la de emitir una CBDC minorista. Esto implica que los bancos centrales están priorizando el desarrollo de monedas digitales para transacciones interbancarias y liquidaciones financieras, en lugar de aquellas destinadas al público en general.

Además, el informe destaca que hasta la fecha, las stable coins siguen siendo utilizadas principalmente dentro del ecosistema cripto y rara vez para pagos en el mundo real. A pesar de esto, crece el interés en la regulación de los criptoactivos ya que aproximadamente dos tercios de las jurisdicciones encuestadas han implementado o están trabajando en un marco regulatorio para stable coins y otros activos digitales.

La tendencia actual sugiere que, en los próximos años, las CBDC podrían convertirse en una herramienta clave dentro del sistema financiero global, redefiniendo la forma en que los bancos centrales gestionan la oferta monetaria y la estabilidad financiera.

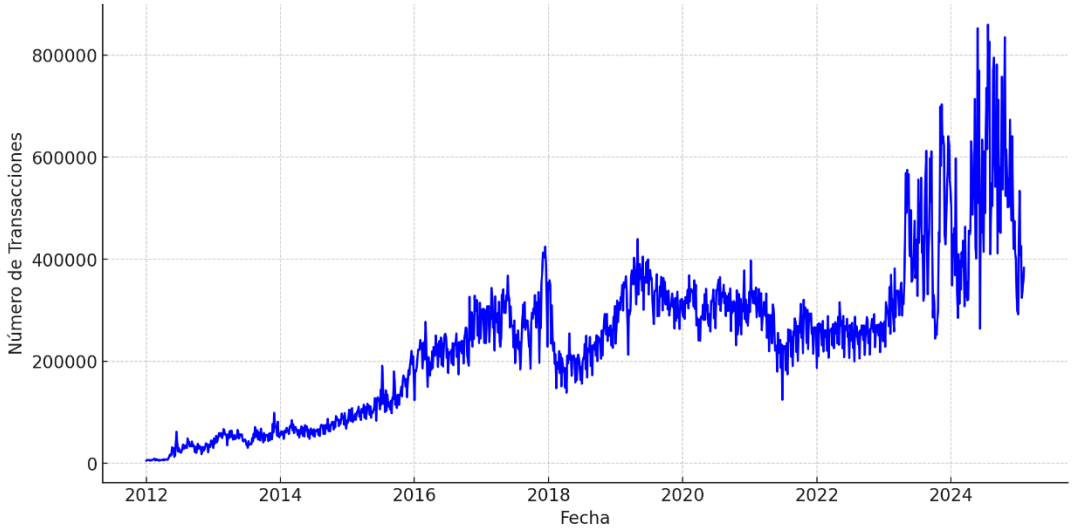
3.2 TRANSACCIONES ECONÓMICAS

Uno de los principales problemas del sistema financiero tradicional es el tiempo que tardan en completarse las transacciones. Dependiendo del tipo de operación, una transferencia internacional puede tardar entre dos y siete días hábiles en liquidarse. La causa de estos retrasos consiste en que estas transacciones involucran distintos bancos corresponsales, sistemas de verificación manual y procesos internos que no han logrado adaptarse completamente a la inmediatez que demandan las economías digitales.

En este sistema es donde nos encontramos con el concepto de "fecha valor", pues aunque una transferencia parezca haberse realizado, el dinero no está realmente disponible hasta que se ha completado la compensación en cada una de las entidades involucradas. Esto significa que, en términos prácticos, hay millones de euros, dólares y otras divisas “flotando en el aire” mientras se completan estos trámites. En el sistema actual, grandes cantidades de dinero quedan temporalmente inmovilizadas debido a los tiempos de procesamiento, lo que reduce la liquidez disponible para inversión y financiamiento. Esto es especialmente problemático en los mercados financieros, donde los activos pueden quedar bloqueados durante días hasta que una transacción se complete. Blockchain permite tokenizar activos y liquidarlos de inmediato, reduciendo el coste de oportunidad de tener capital inmovilizado y aumentando la liquidez en el mercado. Algunas iniciativas, como el proyecto HLQAx de R3, están explorando el uso de blockchain para optimizar la liquidez intradiaria de los bancos mediante swaps de colateral, lo que demuestra el enorme potencial de esta tecnología para mejorar la eficiencia del sector financiero (Fernández Herraiz, 2020).

Otro aspecto fundamental es la reducción de costes. Cada intermediario que participa en una transacción tradicional cobra una comisión por su servicio, ya sea en forma de tarifas de procesamiento, diferencias en tipos de cambio o cargos por compensación. Estos cargos aumentan en las transferencias internacionales, donde los bancos utilizan redes de mensajería como SWIFT para comunicar las órdenes de pago, añadiendo más niveles de tarifas y tiempos de espera. Blockchain elimina la necesidad de intermediarios en muchas de estas operaciones, permitiendo transferencias directas entre partes con un coste mucho menor. Además, la transparencia y la inmutabilidad del registro de blockchain eliminan el riesgo de fraudes, errores y duplicaciones de pago, problemas que siguen siendo comunes en el sistema financiero actual. En la Figura 3 se puede apreciar cómo el número de transacciones diarias realizadas a través de blockchain han ido aumentando significativamente a lo largo de los últimos años.

Figura 3: N.º de transacciones diarias en blockchain



Fuente: Elaboración propia a partir de datos de Blockchain.com

3.3 SMART CONTRACTS

Otra innovación tecnológica fundamental que se ha desarrollado en base a la tecnología blockchain es la creación de los llamados contratos inteligentes o smart contracts.

Entendemos por contrato a un acuerdo, verbal o escrito, en el que se acuerdan derechos y obligaciones entre agentes para coordinar y regular intercambios de bienes, servicios o factores de producción. Si bien los contratos resultan fundamentales en la economía ya que permiten reducir la incertidumbre, facilitar la cooperación entre agentes, fomentar la inversión y garantizar el cumplimiento de acuerdos, etc… En último término, el cumplimiento de las cláusulas de cada contrato queda en manos de la voluntad de las partes y aunque existan mecanismos para garantizar el cumplimiento de estos acuerdos estos pueden implicar altos costes de intermediación, largos procesos judiciales y riesgos de interpretación subjetiva. Además, la ejecución no es automática, lo que puede generar retrasos y oportunidades para el incumplimiento.

Es para evitar estos inconvenientes que se crean los contratos inteligentes, un smart contract o contrato inteligente es un programa informático que se ejecuta en una blockchain y permite la automatización de acuerdos sin necesidad de intermediarios. Estos contratos funcionan bajo reglas predefinidas en código y se ejecutan automáticamente cuando se cumplen ciertas condiciones, lo que garantiza seguridad, transparencia y eficiencia en las transacciones (Schär, 2021).

El concepto de smart contracts fue propuesto inicialmente por Nick Szabo, un criptográfico estadounidense, en la década de 1990. Sin embargo, su implementación práctica no se pudo desarrollar hasta la creación de la plataforma Ethereum en 2015.

3.3.1 Ethereum

Ethereum es una plataforma digital que utiliza la tecnología blockchain para facilitar la creación y ejecución de contratos inteligentes y aplicaciones descentralizadas (dApps). Su criptomoneda nativa, Ether (ETH), actúa como medio de intercambio dentro de su ecosistema, posibilitando transacciones y sirviendo como incentivo económico para los participantes que validan y aseguran la red. A diferencia de Bitcoin, que fue concebido principalmente como moneda digital y depósito de valor, Ethereum ofrece una infraestructura más versátil que permite a los desarrolladores construir una amplia gama de aplicaciones descentralizadas.

La principal diferencia entre Ethereum y Bitcoin se encuentra en sus objetivos y funcionalidades. Bitcoin fue diseñado como una moneda digital descentralizada, centrándose en ser un medio de intercambio y un depósito de valor, a menudo comparado con el “oro digital”. Por otro lado, Ethereum, propuesto por Vitalik Buterin y lanzado en 2015, fue concebido como una plataforma programable que permite la creación de contratos inteligentes y aplicaciones descentralizadas, ampliando significativamente las posibilidades de la tecnología blockchain más allá de las transacciones financieras (Coinbase.com, 2025).

3.3.2 Casos de uso

La aparición de estos contratos inteligentes es sin duda una de las mayores oportunidades de innovación tecnológica derivada de blockchain, ya son varios los sectores que han comenzado la investigación e implementación de esta tecnología. Algunos sectores y casos de uso se mencionan a continuación:

Finanzas: Los contratos inteligentes mejoran la eficiencia financiera al eliminar intermediarios en préstamos y depósitos, lo que reduce costes, tiempos de ejecución y riesgos de impago. También facilitan liquidaciones automáticas y aumentan la transparencia.

Seguros: Se trata de otro sector de gran importancia cuya eficiencia se ve incrementada gracias a que estos contratos inteligentes automatizan la ejecución de las pólizas, eliminando la necesidad de intermediarios y acortando los tiempos de pago, así como reduciendo los costes administrativos y el riesgo de fraude. A su vez, permiten la creación de seguros paramétricos que se activan de manera automática al cumplirse ciertas condiciones predefinidas.

Cadena de suministros: En este sector esta tecnología aumenta la transparencia y la eficiencia al automatizar el seguimiento, disminuir el papeleo y reducir los riesgos de fraude. Aseguran la verificación en tiempo real de los bienes y los pagos según condiciones preestablecidas.

La lista de sectores cuya implementación resulta beneficiosa es interminable: inversión inmobiliaria, propiedad intelectual y derechos de autor, sanidad, mercados energéticos… Como característica común a todos estos se puede concluir que la implementación de la blockchain a través de los contratos inteligentes tiene como mínimo el potencial de incrementar la eficiencia productiva así como la disminución de costes operativos en cada sector.

3.4 TOKENIZACIÓN DE ACTIVOS

Un token es una representación digital de un activo o derecho dentro de una blockchain. Puede ser fungible, lo que significa que cada unidad es intercambiable (como las criptomonedas), o no fungible (NFT), cuando es único y no se puede replicar. En el ámbito de las finanzas, los tokens pueden representar desde dinero digital hasta acciones, bienes inmuebles o materias primas.

La tokenización de activos es el proceso que permite que un activo, ya sea físico o digital, se represente en una blockchain mediante un token. Este mecanismo facilita el fraccionamiento de la propiedad de activos de alto valor, lo que a su vez permite su intercambio y democratiza el acceso a inversiones que antes requerían grandes sumas de capital.

El concepto de tokenización nació con el desarrollo de las criptomonedas, pero ganó mayor relevancia con la llegada de Ethereum en 2015 y sus contratos inteligentes, que como ya hemos visto permiten programar y gestionar activos digitales de manera automatizada y segura. Gracias a esta innovación, el sector financiero ha comenzado a adoptar la tokenización en diversas áreas, como los mercados de valores, el sector inmobiliario, las materias primas y los productos financieros estructurados.

Entre los principales beneficios de estos activos “tokenizados” encontramos una mayor liquidez, ya que estos permiten la negociación fraccionada de activos, la reducción de costes operativos al eliminar intermediarios, así como el resto de ventajas derivadas del empleo de una red de blockchain. Podemos concluir entonces, que la tokenización repercute de manera positiva en aumentar la eficiencia del sector vía reducción de costes y aumento de liquidez.

No obstante, según Fernández Herraiz (2020) la tokenización de activos todavía debe hacer frente a dos problemas de destacada relevancia: el problema de producto (Annunziata, 2019) y el problema de mercado (Fernández, Esclapés y Prado, 2020).

El primero hace referencia a que la regulación debe ser capaz de adecuarse y a su vez clasificar estos nuevos tipos de activos, ya que el auge de todo tipo de activos digitales, criptomonedas, tokens, etc… hacen necesario nuevas definiciones y clasificaciones para que se puedan ajustar a las normativas de los mercados. Tal y como indica Fernández Herraiz (2020) “Bitcoin no es una representación de un derecho proveniente del exterior, sino que su valor, si es que lo tiene, es intrínseco a su existencia”, aunque en el caso de tokens cuyo objetivo es representar el derecho de propiedad de un activo real su clasificación no debería suponer mayor problema ya que bastaría con usar la misma normativa que le aplica al título real.

En cuanto al problema de mercado, este se refiere a las dificultades que enfrenta la tokenización para ser ampliamente aceptada y utilizada. Si bien permite una mayor liquidez y accesibilidad, aún existen barreras que dificultan su adopción, como la falta de plataformas reguladas para el comercio de tokens, la incertidumbre jurídica y la desconfianza de los inversores.

Fernández, Esclapés y Prado (2020) señalan que, sin un mercado sólido donde los tokens puedan intercambiarse fácilmente, su utilidad se reduce y muchos inversores prefieren seguir operando con activos tradicionales. Además, la volatilidad y el riesgo tecnológico asociado a los activos digitales generan dudas sobre su estabilidad y seguridad. Sin embargo, si la regulación avanza y se desarrollan infraestructuras más confiables, la tokenización podría integrarse mejor en el sistema financiero, permitiendo aprovechar al máximo sus beneficios en eficiencia y accesibilidad.

3.5 CAPTACIÓN DE FONDOS MEDIANTE BLOCKCHAIN

La llegada de la tecnología blockchain ha afectado también a los métodos de recaudación de fondos, ofreciendo nuevas alternativas frente a los enfoques tradicionales de obtención de capital. A diferencia de los modelos financieros convencionales, que dependen de intermediarios como bancos, empresas de capital de riesgo y organismos reguladores, la recaudación de fondos basada en blockchain permite un acceso descentralizado, transparente y más económico al capital. Algunos de estos mecanismos se detallan a continuación:

3.5.1 Initial Coin Offering

Una Initial Coin Offering (ICO) es un mecanismo de financiación basado en blockchain mediante el cual una empresa emite y vende tokens digitales a inversores a cambio de criptomonedas o dinero fiduciario. Este modelo, inspirado en las Ofertas Públicas de Venta (IPOs)[3], permite que startups y proyectos tecnológicos accedan a financiación de manera descentralizada, sin necesidad de recurrir a intermediarios financieros tradicionales (Wu et al., 2024). El aumento de las ICOs se debe en gran parte al desarrollo de la tecnología blockchain y la llegada de plataformas como Ethereum y los contratos inteligentes, esto permitió que las empresas en busca de financiación no tuviesen que desarrollar su propia red blockchain. Es por esto que desde 2016 las ICOs han experimentado un crecimiento significativo llegando a recaudar más de 22,7 mil millones de dólares entre 2017 y 2020 (López, 2024).

A diferencia de los métodos tradicionales, las ICOs permiten que cualquier persona participe en la financiación de proyectos sin restricciones geográficas ni la necesidad de intermediarios financieros. Esto ha democratizado el acceso al capital y ha reducido significativamente los costes asociados a la emisión de activos. Además, la automatización mediante contratos inteligentes ha simplificado los procesos administrativos, acelerando la distribución de fondos y la ejecución de acuerdos sin la intervención de terceros. El uso de blockchain ha garantizado la transparencia y trazabilidad en las transacciones, permitiendo auditorías en tiempo real y aumentando la confianza de los participantes.

Aunque todo esto repercuta positivamente en la eficiencia del sector, también han sido varias las problemáticas ocasionadas por esta vía de financiación. La ausencia de supervisión permitió la aparición de proyectos sin viabilidad real, con estimaciones que indican que hasta un 78% de las ICOs lanzadas hasta 2018 fueron fraudulentas (López, 2024). Un ejemplo de esto es el de Gram, la criptomoneda creada por la aplicación de mensajería Telegram. A pesar de haber recaudado 1.700 millones de dólares en su ICO, lo que la convirtió en una de las más grandes de la historia, la compañía decidió no lanzar la criptomoneda al mercado. En su lugar, optó por utilizar los fondos para financiar proyectos dentro de su red blockchain. Como resultado, los inversores que esperaban obtener ganancias rápidas al revender los tokens a un precio más alto perdieron su inversión (Boar, 2018). Además, la alta volatilidad de los tokens ha generado incertidumbre entre los inversores, quienes han optado por alternativas más seguras como las Security Token Offerings (STOs), que ofrecen mayor respaldo legal y protección de activos. A medida que los gobiernos han endurecido las normativas sobre criptoactivos, las ICOs han perdido atractivo, dando paso a modelos de financiación más regulados y seguros.

[3] IPO **(**Initial Public Offering): Proceso por el que una empresa privada emite acciones en bolsa por primera vez para captar financiación.

3.5.2 Security Token Offering

Las Security Token Offering (STO) son otra vía de financiación surgida de blockchain pero en este caso los activos emitidos por la empresa a financiar son “tokens de seguridad” que son respaldados por activos reales tales como pueden ser acciones o bonos. Lo que las diferencia de las ICO es que al emitir tokens respaldados por activos reales, estos deben atenerse a las regulaciones financieras propias de dichos activos reales. Es decir, los requisitos normativos para la emisión de una STO son mucho más rigurosos que para una ICO.

Aunque, desde la perspectiva del inversor, una STO carece de la flexibilidad que ofrecen una ICO, estas emisiones ofrecen mucha más seguridad para los inversores, propiciando que perfiles más conservadores, incluso institucionales, puedan ser atraídos por estos proyectos. Numerosos proyectos han sido emitidos vía STO por bancos, entidades públicas o empresas privadas. Ejemplos de esto son Banco Santander con la emisión un bono de 20 millones de euros o BBVA que llevo a cabo un STO respaldado por un préstamo sindicado de 150 millones de euros (López, 2024).

A pesar de contar con las mismas ventajas que las ICO en términos de mejora de eficiencia, también presentan desafíos que han limitado su adopción masiva. Cumplir con las regulaciones financieras implica costes adicionales y procesos más complicados en comparación con las ICO, lo que puede desincentivar a las startups que tienen menos capacidad de gestión. Además, la fragmentación regulatoria entre países ha complicado la expansión global de estos activos, ya que cada jurisdicción tiene sus propias reglas sobre su emisión y negociación. Sin embargo, a medida que los gobiernos establecen marcos regulatorios más claros para los criptoactivos, las STO siguen ganando popularidad como una opción segura, eficiente y escalable para la financiación digital.

En la Figura 4 se presentan las diferencias entre IPO, ICO y STO a través de una tabla para facilitar su comprensión.

Figura 4: Comparativa entre IPO, ICO y STO

	IPO	ICO	STO
Definición	Emisión pública de acciones	Emisión de tokens para financiar proyectos	Emisión de tokens respaldados por activos reales
Regulación	Altamente regulada	Regulación variable	Regulada como activos reales
Acceso	Inversores institucionales y luego público	Abierto globalmente	Restringido a inversores que cumplan ciertos requisitos
Ventajas	Gran capital, credibilidad, alta liquidez	Rápida recaudación y acceso democratizado	Mayor seguridad y protección para el inversor

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Otras vías de financiación

Aunque las ICO y las STO han sido los mecanismos de financiamiento más analizados por la literatura, han surgido otras alternativas que buscan mejorar la seguridad, accesibilidad y eficiencia en la captación de capital. Entre ellas destacan las Initial Exchange Offerings (IEOs) y las Initial DEX Offerings (IDOs). En las IEO, la venta de tokens es gestionada directamente por un exchange centralizado, lo que brinda mayor confianza y liquidez. En cambio, las IDO se realizan en exchanges descentralizados (DEX), eliminando intermediarios pero aumentando la exposición a riesgos por la falta de regulación.

Otra alternativa dentro del ecosistema blockchain es el auge de las Finanzas Descentralizadas (DeFi), que ha permitido la obtención de liquidez sin necesidad de bancos u otras instituciones financieras. Plataformas como Aave y Compound han revolucionado el sector financiero al ofrecer préstamos descentralizados, donde los usuarios pueden depositar criptomonedas como garantía y recibir financiamiento automatizado. Por otra parte, las DAOs (Organizaciones Autónomas Descentralizadas) han introducido un nuevo modelo de financiación colectiva basado en contratos inteligentes, en el que los participantes aportan fondos y toman decisiones de inversión de forma descentralizada. Un caso emblemático fue ConstitutionDAO, una iniciativa que recaudó más de 40 millones de dólares con el objetivo de adquirir una copia original de la Constitución de Estados Unidos (Patel, 2021).

En general, el impacto de estas nuevas formas de financiación ha sido significativo, pues han democratizado el acceso al capital y reducido los costes de intermediación, al eliminar la necesidad de intermediarios financieros tradicionales. Sin embargo, la evolución acelerada de estos modelos también ha generado retos regulatorios y riesgos asociados a la falta de supervisión en determinados casos. A medida que las regulaciones se adapten a estas innovaciones, el sector financiero podría evolucionar hacia un modelo más eficiente, accesible y seguro.

3.6 FINANZAS DESCENTRALIZADAS (DEFI)

Como hemos visto hasta ahora, la irrupción de la tecnología blockchain ha afectado numerosos aspectos del sector financiero, desde los medios de pago utilizados hasta la manera en que empresas pueden conseguir financiación. Todo esto ha terminado por converger en lo que hoy conocemos como Finanzas Descentralizadas (DeFi), Schär (2021) lo define como una infraestructura financiera basada en blockchain que se construye sobre plataformas de contratos inteligentes como Ethereum. Se caracteriza por ser abierta, sin permisos y altamente interoperable, imitando servicios financieros ya existentes pero de manera más transparente y sin intermediarios.

A diferencia de las finanzas tradicionales, que a menudo están limitadas por regulaciones y entidades que actúan como árbitros, DeFi ofrece una alternativa inclusiva y sin fronteras, permitiendo a personas de todo el mundo acceder a servicios financieros con la única necesidad de tener una conexión a Internet. Este nuevo enfoque facilita transacciones entre pares, préstamos, comercio y gestión de activos de manera transparente y eficiente, transformando el futuro de las finanzas globales.

De todos los posibles casos de uso de finanzas descentralizadas se destacan los siguientes:

Préstamos y créditos descentralizados

Según Schär (2021), uno de los principales casos de uso de las DeFi es la oferta de préstamos y créditos descentralizados. Plataformas como Aave, Compound y Maker permiten a los usuarios prestar y tomar prestados activos digitales sin necesidad de intermediarios bancarios. Este sistema reduce los costes asociados a la concesión de préstamos y mejora la eficiencia del capital, ya que las transacciones se ejecutan automáticamente a través de contratos inteligentes, eliminando la burocracia y los retrasos característicos de los bancos tradicionales.

El impacto en la eficiencia financiera es significativo, ya que se eliminan intermediarios y se optimiza el uso de la liquidez disponible en el mercado. Además, los usuarios pueden obtener préstamos utilizando criptomonedas como garantía sin necesidad de verificación crediticia, ampliando el acceso al crédito a una mayor población.

Exchanges Descentralizados (DEXs)

Según Meyer, Welpe y Sandner (2022), los exchanges[4] descentralizados, como Uniswap, SushiSwap y dYdX, representan otro de los casos de uso fundamentales de las DeFi. A diferencia de los exchanges tradicionales, los DEX permiten a los usuarios intercambiar activos sin la necesidad de que una entidad centralizada guarde sus fondos, lo que mejora la seguridad y reduce el riesgo de fraude o piratería.

Los DEX eliminan las tarifas de intermediación, permiten la ejecución instantánea de operaciones y ofrecen mayor liquidez a través de modelos automatizados de creadores de mercado (AMMs). Esto no solo reduce los costes, sino que también mejora la accesibilidad y disponibilidad de los servicios financieros en mercados emergentes y subbancarizados.

Derivados y mercados de predicción

Schär (2021) también menciona que los derivados financieros en blockchain y los mercados de predicción son aplicaciones clave dentro de DeFi. Protocolos como Synthetix y Augur permiten la creación de contratos financieros que replican activos del mundo real y la especulación sobre eventos futuros.

Yield Farming y Liquidity Mining

Según Meyer, Welpe y Sandner (2022), el yield farming[5] y la liquidity mining[6] han revolucionado la forma en que los usuarios generan retornos sobre sus activos digitales. Estas estrategias incentivan a los usuarios a proveer liquidez a las plataformas DeFi a cambio de recompensas en tokens, optimizando el uso del capital y mejorando la liquidez en los mercados.

Estos mecanismos permiten que los activos ociosos generen ingresos, reduciendo la fricción en la provisión de liquidez y permitiendo una mayor rotación de capital dentro del ecosistema financiero.

[4] Plataforma donde se compran, venden e intercambian activos digitales, como criptomonedas.
[5] Estrategia para generar rendimientos colocando activos en protocolos DeFi a cambio de recompensas.
[6] Proceso en el que los usuarios aportan liquidez a un protocolo DeFi y reciben recompensas en tokens como incentivo.

4 PRINCIPALES DESAFÍOS

A pesar de su potencial, la tecnología blockchain enfrenta diversos desafíos que afectan a su adopción generalizada y su integración en el sistema financiero global. Estos desafíos incluyen aspectos técnicos, económicos y regulatorios, que requieren soluciones para garantizar su estabilidad y eficiencia. Diversos autores han identificado los siguientes riesgos:

Escalabilidad y eficiencia

Uno de los principales problemas de blockchain es su limitación a la hora de procesar un gran volumen de transacciones. Las redes como Bitcoin y Ethereum han experimentado congestión, lo que se traduce en altos costes de transacción y largos tiempos de confirmación (Popescu, 2020).

Seguridad y vulnerabilidades

Los contratos inteligentes y la infraestructura descentralizada pueden ser objeto de ataques cibernéticos y fallos en la programación (Schär, 2021). Ataques informáticos como el de The DAO en 2016 dejan claro la necesidad de mejores auditorías y desarrollo de código seguro (Meyer et al., 2022).

Impacto ambiental

Las blockchains que utilizan prueba de trabajo (PoW), como Bitcoin, requieren un alto consumo energético, lo que ha generado preocupación sobre su impacto ambiental (Narayanan et al., 2016). Alternativas como la prueba de participación (PoS) están ganando terreno como soluciones más sostenibles.

Adopción

La complejidad de la tecnología blockchain sigue siendo una barrera para su adopción masiva. La falta de interfaces intuitivas y la curva de aprendizaje para los usuarios no técnicos limitan su uso en aplicaciones cotidianas (Hileman & Rauchs, 2017).

Volatilidad

Según Lokman Hemashrif (2021), la volatilidad característica de los criptoactivos representa un riesgo significativo. Las garantías utilizadas en las plataformas de préstamos pueden perder valor rápidamente, lo que lleva a liquidaciones forzosas y posibles efectos en cadena dentro del ecosistema. Meyer et al. (2022) advierten que, en ausencia de respaldo centralizado, los usuarios pueden enfrentar pérdidas drásticas sin posibilidad de intervención externa.

Regulación

La regulación es uno de los mayores desafíos para la adopción generalizada de blockchain. La naturaleza descentralizada de esta tecnología choca con los marcos regulatorios tradicionales, que dependen de entidades centralizadas para la supervisión y el cumplimiento. Esto genera incertidumbre jurídica, especialmente en áreas como la identificación de usuarios (KYC), la prevención del lavado de dinero (AML) y la protección del consumidor. Además, la falta de un marco regulatorio global unificado complica el cumplimiento normativo para las empresas que operan en múltiples jurisdicciones.

En sus inicios, tanto reguladores como gobiernos mostraron escepticismo ante la naturaleza descentralizada y anónima de las criptomonedas, lo que generaba preocupaciones sobre su posible uso en actividades ilícitas, como el lavado de dinero y la financiación del terrorismo (Brito et al., 2014). Sin embargo, a medida que blockchain

comenzó a demostrar su capacidad para transformar diversos sectores y la economía global, las autoridades cambiaron a un enfoque más equilibrado, intentando hacer compatible la innovación con la protección del consumidor y la estabilidad financiera (Arner et al., 2016).

Actualmente, la regulación de blockchain y las criptomonedas varía considerablemente entre jurisdicciones. Países como Suiza y Singapur han adoptado marcos regulatorios que incentivan la innovación y ofrecen un entorno claro para las empresas del sector (Zetzsche et al., 2020). En cambio, países como China han optado por restricciones más estrictas, prohibiendo las ICOs y el comercio de criptomonedas, a la vez que impulsan el desarrollo de su propia moneda digital, el yuan digital (Xu et al., 2019). En Estados Unidos, la regulación de blockchain continúa siendo fragmentada, con diversas agencias supervisando distintos aspectos de la tecnología. Por otro lado, en la Unión Europea se observa un enfoque más coordinado, con la propuesta del Reglamento de Mercados de Criptoactivos (MiCA), que busca establecer un marco regulatorio común en toda la UE (Yeoh, 2017).

5 CONCLUSIONES

En este trabajo se hace una revisión de la literatura sobre el funcionamiento de la tecnología blockchain y su impacto en la eficiencia financiera a través de sus múltiples aplicaciones. El análisis realizado confirma que blockchain se ha convertido en una de las innovaciones más disruptivas en el ámbito financiero en los últimos años. Sus características clave, como la descentralización, la inmutabilidad y la transparencia, han facilitado la creación de un nuevo ecosistema de transacciones que es más eficiente, seguro y accesible.

Bitcoin, al ser la primera criptomoneda basada en blockchain, introdujo un modelo de transacciones descentralizadas que elimina la necesidad de intermediarios, reduciendo costes y tiempos de operación. Sin embargo, su alta volatilidad ha limitado su adopción como medio de pago ampliamente aceptado. En contraste, las stable coins han surgido como una solución para enfrentar este problema, ofreciendo un activo digital con menor fluctuación al estar respaldadas por dinero real, activos físicos o algoritmos.

Uno de los principales aportes de blockchain es la reducción del tiempo y los costes asociados a las transacciones económicas. En los sistemas financieros tradicionales, las transferencias, especialmente las internacionales, pueden tardar varios días en completarse debido a la necesidad de verificación por parte de múltiples entidades. En cambio, blockchain permite una liquidación casi inmediata de las operaciones al eliminar intermediarios y emplear mecanismos de consenso automatizados. Esta mejora no solo aumenta la velocidad de las transacciones, sino que también reduce significativamente las comisiones asociadas a los procesos de pago y compensación.

Además, el desarrollo de las monedas digitales de bancos centrales (CBDC) representa un claro ejemplo del interés de los gobiernos y entidades financieras en aprovechar las ventajas de blockchain para modernizar los sistemas monetarios. La implementación de una CBDC bien estructurada podría aumentar la eficiencia del sistema de pagos, reducir la necesidad de efectivo y mejorar el control sobre la oferta monetaria. Sin embargo, su introducción se enfrenta a desafíos en torno a la estabilidad financiera, la posible desintermediación bancaria y la necesidad de establecer un marco regulatorio adecuado que permita equilibrar sus beneficios y riesgos.

Otro aspecto clave es la automatización de procesos financieros mediante smart contracts. Estos contratos inteligentes eliminan la necesidad de intermediarios en numerosas operaciones, asegurando el cumplimiento automático de las cláusulas pactadas. Su aplicación en sectores como los seguros, la inversión inmobiliaria y la

gestión de activos ha permitido reducir costes administrativos, minimizar errores y acelerar la ejecución de acuerdos financieros. Asimismo, los smart contracts han impulsado el auge de las Finanzas Descentralizadas (DeFi), un nuevo paradigma financiero que ofrece alternativas a los servicios bancarios tradicionales, incluyendo préstamos, depósitos y comercio de activos sin la intervención de entidades centralizadas.

El auge de blockchain también ha llevado a la tokenización de activos, facilitando la representación digital de bienes tangibles e intangibles en la cadena de bloques. Este proceso ha permitido una mayor liquidez y accesibilidad a los mercados financieros, democratizando el acceso a la inversión en activos tradicionalmente reservados para grandes instituciones o inversores con altos patrimonios. Sin embargo, la regulación de estos activos sigue siendo un reto, ya que la clasificación legal de los tokens varía según las jurisdicciones, lo que dificulta su adopción masiva en los mercados convencionales.

En el ámbito de la captación de fondos, blockchain ha permitido la creación de nuevos mecanismos de financiación más accesibles y eficientes. Modelos como las Initial Coin Offerings (ICO) y las Security Token Offerings (STO) han facilitado la obtención de capital sin necesidad de intermediarios financieros tradicionales, reduciendo costes y agilizando los procesos. No obstante, la falta de regulación en las ICO ha generado numerosos fraudes y problemas de transparencia, lo que ha impulsado la adopción de STO y otros modelos más regulados como las Initial Exchange Offerings (IEO).

A pesar de sus múltiples beneficios, la adopción generalizada de blockchain enfrenta algunos desafíos. En primer lugar, la regulación sigue siendo un obstáculo clave, ya que la naturaleza descentralizada de esta tecnología dificulta su integración en los marcos regulatorios tradicionales. La falta de un consenso global sobre cómo regular las criptomonedas, las stablecoins y las plataformas DeFi genera incertidumbre tanto para las empresas como para los usuarios. Además, la escalabilidad sigue siendo un reto, especialmente en redes como Bitcoin y Ethereum, donde el aumento de la demanda ha provocado congestión y altos costes de transacción. Por otro lado, la seguridad también causa preocupación, ya que los contratos inteligentes y las plataformas descentralizadas han sido vulnerables a ataques y fraudes, lo que implica la necesidad de auditorías rigurosas y mejoras en el desarrollo de software. Finalmente, la aceptación por parte de las instituciones financieras tradicionales sigue siendo un factor determinante para su adopción masiva, ya que muchas entidades aún ven en blockchain un riesgo más que una oportunidad. Superar estos desafíos será clave para que esta tecnología logre una integración efectiva y transformadora en la economía global.

En conclusión, la tecnología blockchain tiene el potencial de transformar profundamente el sector financiero, impulsando una mayor eficiencia en la ejecución de transacciones, la gestión de activos y la automatización de procesos. Sin embargo, su adopción masiva dependerá de la evolución del marco regulatorio, la mejora en la escalabilidad de las redes y la aceptación por parte de las instituciones financieras tradicionales. A medida que estos desafíos sean abordados, blockchain podría consolidarse como una herramienta clave para la modernización del sistema financiero global, promoviendo un entorno más transparente, seguro y accesible para todos los participantes del mercado.

6 BIBLIOGRAFÍA

ABRAHAM, L. y GUÉGAN, D., 2020. *The other side of the Coin: Risks of the Libra Blockchain*. Disponible en: http://arxiv.org/abs/1910.07775.

ALI, O., ALLY, M., CLUTTERBUCK, P. y DWIVEDI, Y., 2020. The state of play of blockchain technology in the financial services sector: A systematic literature review. *International Journal of Information Management*, vol. 54. DOI 10.1016/j.ijinfomgt.2020.102199.

ARNER, Douglas W.; BARBERIS, Janos; BUCKEY, Ross P 2016. FinTech, RegTech, and the reconceptualization of financial regulation. *Nw. J. Intl L. & Bus*. vol. 37, p. 371.

AUER, Raphael, et al 2022. Central bank digital currencies: motives, economic implications, and the research frontier. *Annual review of economics*, vol. 14, no 1, p. 697-721.

BANCO CENTRAL EUROPEO, 2023. *Euro digital*. [en línea], [consulta: 17 diciembre 2024]. Disponible en: https://www.ecb.europa.eu/euro/digital_euro/html/index.es.html.

BARONTINI, C. y HOLDEN, H., 2019. *Proceeding with caution - a survey on central bank digital currency*. Basel: Bank for International Settlements. BIS papers, No 101, ISBN 978-92-9259-238-7.

BELINCHÓN, F., 2024. Por qué EE. UU. deja de lado el dólar digital mientras China y Europa trabajan en sus divisas oficiales electrónicas. *Cinco Días* [en línea]. [consulta: 7 diciembre 2024]. Disponible en: https://cincodias.elpais.com/criptoactivos/2024-11-15/por-que-ee-uu-deja-de-lado-el-dolar-digital-mientras-china-y-europa-trabajan-en-sus-divisas-oficiales-electronicas.html.

BILGEN, Can; DUTTO, Martín; GOMILA, Patricia. 2023. Las CBDC o monedas digitales de los bancos centrales.

IT USER. 2017. *Blockchain podría reducir los costes de infraestructura de los bancos de inversión en un 30%*. [en línea] [consulta: 7 diciembre 2024]. Disponible en: https://www.ituser.es/it-user/2017/01/blockchain-podria-reducir-los-costes-de-infraestructura-de-los-bancos-de-inversion-en-un-30.

BLOCKCHAIN.COM s.f. *Confirmed Transactions Per Day*. [en línea]. [consulta: 4 febrero 2025]. Disponible en: https://www.blockchain.com/explorer/charts/[id].

BOAR, A. y FABRA, U.P. 2018. *Efectos de la tecnología blockchain en el sector financiero y empresarial.*

BOAR, C., HOLDEN, H. y WADSWORTH, A., 2020. *Impending arrival - a sequel to the survey on central bank digital currency*. Basel: Bank for International Settlements, Monetary and Economic Department. BIS papers, no 107, ISBN 978-92-9259-330-8.

BOAR, Codruta; WEHRLI, Andreas. 2021. *Ready, steady, go?-Results of the third BIS survey on central bank digital currency. BIS papers.*

BRITO, Jerry; SHADAB, Houman; CASTILLO, Andrea 2014. Bitcoin financial regulation: Securities, derivatives, prediction markets, and gambling. *Colum. Sci. & Tech. L. Rev.*, vol. 16, p. 144.

CATALINI, Christian; GANS, Joshua S. 2020. Some simple economics of the blockchain. *Communications of the ACM*, vol. 63, no 7, p. 80-90.

CERMEÑO, Javier Sebastian 2016. *Blockchain in financial services: Regulatory landscape and future challenges for its commercial application*. Madrid, Spain: BBVA Research.

COCCO, L., PINNA, A. y MARCHESI, M., 2017a. Banking on Blockchain: Costs Savings Thanks to the Blockchain Technology. *Future Internet*, vol. 9, no. 3, ISSN 1999-5903. DOI 10.3390/fi9030025.

COINBASE.COM , s.f. *¿Cuáles son las diferencias entre Bitcoin y Ethereum?* [en línea], [consulta: 3 enero 2025]. Disponible en: https://www.coinbase.com/es-es/learn/crypto-basics/what-are-the-differences-between-bitcoin-and-ethereum.

CONG, Lin William; HE, Zhiguo; LI, Jiasun. 2021. Decentralized mining in centralized pools. *The Review of Financial Studies*, vol. 34, no 3, p. 1191-1235.

DI IORIO, A., KOSSE, A. y MATTEI, I., 2024. *Embracing diversity, advancing together - results of the 2023 BIS survey on central bank digital currencies and crypto*. BIS papers, no 147, ISBN 978-92-9259-770-2.

DICE, B.M.E.D., 2023. Smart contracts en las empresas Top 5 casos de uso. *p4s.co* [en línea]. [consulta: 2 febrero 2025]. Disponible en: https://p4s.co/news/smart-contracts-en-las-empresas-top-5-casos-de-uso/.

DONOHUE, B., 2014. ¿Qué Es Un Hash y Cómo Funciona? [en línea]. [consulta: 12 febrero 2025]. Disponible en: https://latam.kaspersky.com/blog/que-es-un-hash-y-como-funciona/2806/.

DE LIS, S.; GOUVEIA, Olga 2019. *Monedas digitales emitidas por bancos centrales: características, opciones, ventajas y desventajas*. Documento de Trabajo, vol. 19, no 03, p. 2.

FERNÁNDEZ PAREDES, Tony R., et al. 2017. *Análisis de la tecnología Blockchain, aportaciones al sector financiero y aplicaciones en otros sectores*.

GENTILE, José [Nate Gentile]., 2017. *Entiende Bitcoin y Ethereum - Explicación técnica a fondo en español sobre Criptomonedas* [Video]. [consulta: 12 noviembre 2024]. Disponible en: https://youtu.be/YBNr69vrscw?si=PI0__aruEHpFZ3b-

GUO, Y. y LIANG, C., 2016. Blockchain application and outlook in the banking industry. *Financial Innovation*, vol. 2, no. 1, ISSN 2199-4730. DOI 10.1186/s40854-016-0034-9.

HEMASHRIF, Rahela Lokman. 2021. *An Analysis of Decentralized Finance and its Applications*. Tesis de Maestría. uis.

HERRAIZ, Carlos Fernández. 2020. Blockchain: un instrumento de transformación para el sector financiero. *Boletin de Estudios Económicos*, vol. 75, no 229, p. 27-52.

HERRAIZ, Carlos Fernández; MEMBRIVES, Sara Esclapés; DOMÍNGUEZ, Antonio Javier Prado. 2020. La materialización de una letra de cambio sobre blockchain: un examen desde la economía, el derecho y la tecnología. *CEFLegal. Revista práctica de derecho*, p. 41-72.

HILEMAN, G. y RAUCHS, M., 2017. *Global Cryptocurrency Benchmarking Study. SSRN Electronic Journal*. ISSN 1556-5068. DOI 10.2139/ssrn.2965436.

HUGHES, S.J. y MIDDLEBROOK, S.T., 2015. Advancing a Framework for Regulating Cryptocurrency Payments Intermediaries. *Yale Journal on Regulation*, vol. 32,

IBM.COM, 2024. *¿Qué es Blockchain?* [en línea] [consulta: 2 febrero 2025]. Disponible en: https://www.ibm.com/es-es/topics/blockchain.

JAKOBSSON, M. y JUELS, A., 1999. Proofs of Work and Bread Pudding Protocols. En: B. PRENEEL (ed.), *Secure Information Networks*. Boston, MA: Springer US, pp. 258-272.

JENSEN, J., VON WACHTER, V. y ROSS, O., 2021. An Introduction to Decentralized Finance (DeFi). *Complex Systems Informatics and Modeling Quarterly*, no. 26, ISSN 2255-9922. DOI 10.7250/csimq.2021-26.03.

KOSSE, A. y MATTEI, I., 2023. *Making headway - results of the 2022 BIS survey on central bank digital currencies and crypto*. Basel: BIS, Bank for International Settlements, Monetary and Economic Department. BIS papers, no 136, ISBN 978-92-9259-673-6.

LEE, J.Y., 2019. A decentralized token economy: How blockchain and cryptocurrency can revolutionize business. *Business Horizons*, vol. 62, no. 6, ISSN 00076813. DOI 10.1016/j.bushor.2019.08.003.

LOPEZ, P.L. 2022. Alternativas que ofrece la tecnología Blockchain para la financiación de proyectos empresariales. *Instituto de Analistas*. [en línea] [consulta: 12 febrero 2025]. Disponible en: https://institutodeanalistas.com/alternativas-que-ofrece-la-tecnologia-blockchain-para-la-financiacion-de-proyectos-empresariales/.

MARTÍNEZ, Saúl Ortega. 2022. Tecnología blockchain: una propuesta de aplicación a la bolsa española.

MEYER, E., WELPE, I.M. y SANDNER, P., 2022. Decentralized Finance—A systematic literature review and research directions. *SSRN Electronic Journal*. ISSN 1556-5068. DOI 10.2139/ssrn.4016497.

NAKAMOTO, Satoshi. 2008. BITCOIN, A. A peer-to-peer electronic cash system. *Bitcoin.–URL: https://bitcoin. org/bitcoin. pdf*, vol. 4, no 2, p. 15.

NARAYANAN, Arvind. 2016. *Bitcoin and cryptocurrency technologies: a comprehensive introduction*. Princeton University Press.

PARRONDO, L., 2018. *Tecnología blockchain, una nueva era para la empresa*.

PATEL, N., 2021. From a meme to $47 million: ConstitutionDAO, crypto, and the future of crowdfunding. *The Verge* [en línea]. [consulta: 13 enero 2025]. Disponible en: https://www.theverge.com/22820563/constitution-meme-47-million-crypto-crowdfunding-blockchain-ethereum-constitution.

POPESCU, Andrei-Dragoş. 2020. Decentralized finance (defi)–the lego of finance. *Social Sciences and Education Research Review*, vol. 7, no 1, p. 321-349.

PREUKSCHAT, Alex; KUCHKOVSKY, Carlos. 2017. *Blockchain: la revolución industrial de internet*. España: Gestión 2000.

SCHÄR, F., 2021. Decentralized Finance: On Blockchain- and Smart Contract-Based Financial Markets. *Review*, vol. 103, no. 2. DOI 10.20955/r.103.153-74.

SHOETAN, Philip Olaseni; FAMILONI, Babajide Tolulope. 2024. Blockchains impact on financial security and efficiency beyond cryptocurrency uses. *International Journal of Management & Entrepreneurship Research*, vol. 6, no 4, p. 1211-1235.

TASCA, Paolo; TESSONE, Claudio J. 2017. Taxonomy of blockchain technologies. Principles of identification and classification. *arXiv preprint arXiv:1708.04872*.

UNDERWOOD, S., 2016. Blockchain beyond bitcoin. *Communications of the ACM*, vol. 59, no. 11, ISSN 0001-0782, 1557-7317. DOI 10.1145/2994581.

WILD, J., ARNOLD, M. y STAFFORD, P., 2015. Technology: Banks seek the key to blockchain. *Financial Times* [en línea] [consulta: 4 febrero 2025]. Disponible en: https://www.ft.com/content/eb1f8256-7b4b-11e5-a1fe-567b37f80b64.

WU, H., YAO, Q., LIU, Z., HUANG, B., ZHUANG, Y., TANG, H. y LIU, E., 2024. Blockchain for finance: A survey. *IET Blockchain*, vol. 4, no. 2, ISSN 2634-1573, 2634-1573. DOI 10.1049/blc2.12067.

XU, Xiwei, et al. 2017. A taxonomy of blockchain-based systems for architecture design. En *2017 IEEE international conference on software architecture (ICSA)*. IEEE. p. 243-252.

YEOH, P., 2017. Regulatory issues in blockchain technology. *Journal of Financial Regulation and Compliance*, vol. 25, no. 2, ISSN 1358-1988. DOI 10.1108/JFRC-08-2016-0068.

YERMACK, D., 2017. Corporate Governance and Blockchains. *Review of Finance*, ISSN 1572-3097, 1573-692X. DOI 10.1093/rof/rfw074.

ZETZSCHE, Dirk A.; ARNER, Douglas W.; BUCKLEY, Ross P. 2020. Decentralized finance. *Journal of Financial Regulation*, vol. 6, no 2, p. 172-203.