



COMILLAS
UNIVERSIDAD PONTIFICIA

ICAI

ICADE

CIHS

FACULTAD DE DERECHO

CONCEPTO Y LÍMITES DEL LEGAL SMART CONTRACT

Álvaro Martín Sierra
5º E-3 C

Derecho Mercantil

Tutor: Dr. Javier W. Ibáñez Jiménez

Madrid

Abril 2020

“Concepto y Límites del Legal Smart Contract”

Resumen

Los contratos inteligentes se han convertido en una cuestión de gran interés en el ámbito de la práctica jurídica, donde encontramos distintas corrientes doctrinales que discuten si estos pueden o no tener la consideración de contrato según el Derecho privado. Para aproximarse a este fenómeno, el presente trabajo comienza con la explicación de la noción tecnológica del smart contract para después proponer una posible noción legal que tenga cabida en el ordenamiento jurídico español, lo que puede llegar a suponer concebir Blockchain como un nuevo ámbito de aplicación del Derecho de la contratación. El carácter novedoso de esta discusión jurídica implica que la definición legal de contrato inteligente presente una serie de limitaciones, que serán abordadas analizando las connotaciones jurídicas de esta tecnología siguiendo la teoría general del contrato. Además, se hará referencia a la creciente labor regulatoria sobre la cuestión y a la normativa aplicable a los smart contracts en distintas jurisdicciones, planteando una serie de elementos clave para su regulación en España. Por último, se destacarán las posibles aplicaciones de los contratos inteligentes y al impacto positivo que su implantación podría tener en ámbitos como la contratación financiera y bancaria y el mercado de valores.

Palabras clave: Contratos Inteligentes, Blockchain, Tecnología DLT, Innovación Jurídica, Contratación Mercantil.

Abstract

Smart contracts have become a matter of great interest in the field of legal practice, where we find different doctrinal streams that discuss whether or not they can be considered contracts under private law. In order to approach this phenomenon, the present work begins with the explanation of the technological notion of the smart contract and then proposes a possible legal notion that would have a place in the Spanish legal system, which could lead to the conception of Blockchain as a new field of application of contract law. The innovative nature of this legal discussion implies that the legal definition of smart contract presents a series of limitations, which will be addressed by analyzing the legal connotations of this technology following the general theory of the contract. Moreover, reference will be made to the growing regulatory work on the issue and the regulations applicable to smart contracts in different jurisdictions, raising a number of key elements for their regulation in Spain. Lastly, the possible applications of smart contracts and the positive impact that their implementation could have in areas such as financial and banking contracting and the stock market will be highlighted.

Keywords: Smart Contracts, Blockchain, DLT Technology, Legal Innovation, Commercial Law.

ÍNDICE

1. PRELIMINAR	1
1.1. Estado de la Cuestión	1
1.2. Objetivos.....	1
1.3. Metodología.....	2
1.4. Estructura	3
2. CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LA CADENA DE BLOQUES O BLOCKCHAIN	5
2.1. Hacia un sistema de información confiable seguro. El principio CIA.....	5
2.2. Concepto de la tecnología de registro distribuido o DLT	6
2.3. ¿Qué es la tecnología blockchain? Estudio del caso de la blockchain emisora de Bitcoin	7
3. NOCIÓN TECNOLÓGICA DE SMART CONTRACT. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES	12
3.1. Concepto tecnológico de smart contract.....	12
3.2. Estandarización en materia de blockchain y en particular sobre smart contracts desplegados en la arquitectura de red DLT	14
3.2.1. <i>Estándares ITU-T FG DLT</i>	14
3.2.2. <i>Grupos de trabajo ISO</i>	15
3.2.3. <i>Iniciativa Blockchain de IEEE</i>	15
3.2.4. <i>Grupos de trabajo CEN/CENELEC sobre Blockchain y DLT</i>	15
3.2.5. <i>Plataforma INATBA</i>	16
3.2.6. <i>ETSI</i>	16
4. APROXIMACIÓN A LA NOCIÓN LEGAL DE CONTRATO INTELIGENTE	17
4.1. Enlace entre derecho de Internet y derecho de Blockchain.....	17
4.1.1. <i>Infraestructura de identidad digital</i>	18
4.1.2. <i>Espacio de creación de derechos</i>	18
4.1.3. <i>Centro de contratación</i>	19
4.2. Análisis de las principales connotaciones jurídicas del Legal Smart Contract	19
4.3. Requisitos del contrato	22
4.4. Diferencias entre contratos legales inteligentes y no inteligentes	24
4.4.1. <i>Formación del contrato y tratos preliminares</i>	24
4.4.2. <i>Perfección del contrato</i>	25
4.4.3. <i>Forma del contrato</i>	27
4.4.4. <i>Eficacia del contrato</i>	28
4.4.5. <i>Cumplimiento del contrato</i>	29
4.4.6. <i>Modificación y extinción de las relaciones obligatorias</i>	30

5. COMPARATIVA INTERNACIONAL DE LA REGULACIÓN DEL LEGAL SMART CONTRACT	32
5.1. Regulación y normativa aplicable en los sistemas de Common Law	33
<i>5.1.1. Estados Unidos</i>	<i>33</i>
<i>5.1.2. Reino Unido</i>	<i>35</i>
<i>5.1.3. Australia</i>	<i>36</i>
5.2. Regulación y normativa aplicable a nivel europeo	38
5.3. Ejemplos de regulación en Estados miembros de la UE	39
<i>5.3.1. Italia</i>	<i>39</i>
<i>5.3.2. Estonia</i>	<i>40</i>
<i>5.3.3. Alemania</i>	<i>41</i>
5.4. Propuesta de elementos clave para una regulación en España	42
6. POSIBLES APLICACIONES DE LOS CONTRATOS INTELIGENTES LEGALES EN EL SISTEMA FINANCIERO.....	43
6.1. Contratación inteligente en los mercados de valores.....	44
<i>6.1.1. Posibles beneficios de la contratación inteligente en el mercado de valores</i>	<i>46</i>
6.2. Legal Smart Contracts en el sector financiero y bancario.....	48
<i>6.2.1. Posibles beneficios de la contratación inteligente en el sector financiero</i>	<i>49</i>
7. CONCLUSIONES	52
8. BIBLIOGRAFÍA.....	53
8.1. Legislación	53
8.2. Obras doctrinales.....	54
<i>8.2.1. Manuales científicos</i>	<i>54</i>
<i>8.2.2. Artículos doctrinales</i>	<i>54</i>
<i>8.2.3. Publicaciones institucionales</i>	<i>59</i>
<i>8.2.4. Artículos periodísticos</i>	<i>61</i>

1. PRELIMINAR

1.1. Estado de la Cuestión

Toda persona vinculada con el mundo del Derecho debe estudiar e intentar adaptarse a los nuevos cambios tecnológicos que tienen un impacto en la práctica jurídica. En este sentido, la irrupción de la tecnología de la cadena de bloques y el potencial de los contratos inteligentes puede suponer para la actividad legal una revolución y un cambio de paradigma absoluto en el ejercicio profesional de la abogacía, lo que aconseja su estudio en profundidad.

Los contratos inteligentes han dejado de ser una tecnología con un ámbito de aplicación muy reducido para adentrarse en una fase de estandarización y desarrollo técnico que ha hecho posible la transformación de prácticas industriales y una nueva forma de concebir las interacciones con terceras partes. Existen ya en el ámbito jurídico novedosas corrientes doctrinales que discuten si un contrato inteligente puede llegar a ser un acuerdo ejecutable con plena fuerza legal contractual, o incluso si el código empleado en la programación de los smart contracts puede tener valor de ley entre las partes que lo utilizan.

Si bien en la práctica jurídica española se han realizado diversas aproximaciones al fenómeno de la contratación electrónica que han tenido su reflejo en la aprobación de normativa y regulación específica, no existe aún consenso sobre si un contrato inteligente puede ser, por sí mismo, un contrato en el sentido del Derecho privado. El desarrollo de esta cuestión implica necesariamente proponer y defender una posible noción legal de contrato inteligente, el legal smart contract, que, por su absoluta innovación en el plano jurídico, adolecerá de una serie de limitaciones según las estructuras de Derecho actuales.

1.2. Objetivos

El presente Trabajo de Fin de Grado busca realizar un análisis pormenorizado del concepto de contrato inteligente y de su funcionamiento técnico en una cadena de bloques, para después articular una posible definición legal desde la óptica de la teoría general del contrato y de la doctrina existente en materia de contratación electrónica automática.

El desarrollo de la noción legal de contrato inteligente tiene como objetivo el análisis de las principales connotaciones jurídicas de estos programas informáticos para plantear que

pueden ser, por sí mismos, un contrato según el Derecho español, lo que presenta blockchain como un nuevo ámbito de aplicación del Derecho.

Además, el proyecto pretende poner de manifiesto que, si bien existen actualmente múltiples aplicaciones de los legal smart contracts en el tráfico negocial jurídico, la utilización de la tecnología de la cadena de bloques plantea una serie de limitaciones tanto legales como técnicas. El presente trabajo busca así estructurar según la normativa española las diferencias existentes entre los contratos tradicionales, no inteligentes, y los legal smart contracts.

1.3. Metodología

Para alcanzar los objetivos determinados en el apartado anterior, se ha seguido un método jurídico de investigación exegético, buscando recopilar fuentes de información diversa que permitieran desarrollar un marco teórico sobre el que analizar las cuestiones planteadas en el presente trabajo de fin de grado. Así, se ha utilizado en su elaboración un enfoque deductivo, partiendo de las características generales y funcionamiento técnico de la cadena de bloques y los contratos inteligentes para después plantear aspectos particulares de los mismos en una potencial operativa jurídica.

Teniendo en cuenta el carácter novedoso del tema planteado por el autor, la mayoría de la literatura jurídica existente se encuentra publicada en inglés y francés, por lo que estos han sido los idiomas principales empleados a la hora de plantear la búsqueda de referencias. Para realizar la aproximación de la cuestión a la óptica del ordenamiento jurídico español se ha partido de la posición doctrinal mayoritaria acerca del valor jurídico del smart contract. Además, las limitaciones jurídicas del concepto de contrato inteligente legal se presentan desde una revisión de la teoría general del contrato, señalando las principales diferencias entre estos y los contratos tradicionales en cada uno de los elementos vertebradores de la figura jurídica del contrato en nuestro Derecho.

La bibliografía, en su mayoría ensayos teóricos y publicaciones especializadas disponibles en internet, se ha obtenido de múltiples bases de datos online, como Dialnet, Lefebvre-El Derecho, Social Science Research Network (SSRN) y Google Scholar. Se han utilizado también diversos manuales doctrinales físicos sobre contratación civil y mercantil y publicaciones de consultoras y despachos de abogados reconocidos por su

práctica tecnológica, así como informes y notas divulgativas de organismos oficiales, como la OCDE o la CNMV.

Junto con el método exegético, se han empleado también técnicas de derecho comparado, necesarias para llevar a cabo el análisis de la regulación y tratamiento legal del contrato inteligente en diversas jurisdicciones con distintos tipos de ordenamientos jurídicos. Si bien en líneas generales el carácter novedoso del asunto tratado no ha requerido el filtrado de referencias siguiendo criterios temporales, estos se han utilizado para garantizar que la información obtenida en materia de estandarización y regulación se encontraba actualizada.

1.4. Estructura

El presente trabajo se organiza en los siguientes capítulos:

En el primer capítulo, *1. Preliminar*, se procede a la presentación del asunto a abordar en el análisis posterior, haciendo una breve referencia a la doctrina existente sobre la cuestión. Además, se presentan los objetivos pretendidos con la realización del trabajo y la metodología seguida por el alumno a lo largo del mismo, así como su estructura general.

En el segundo capítulo, *2. Características esenciales de la cadena de bloques o Blockchain*, se inicia el análisis partiendo de una explicación a nivel técnico acerca del funcionamiento de la tecnología blockchain. En los tres subapartados que componen el capítulo, se expone la necesidad de un sistema de información que sea confiable y seguro, las características generales de la DLT y, por último, el funcionamiento de una cadena de bloques.

En el tercer apartado del presente trabajo, *3. Noción tecnológica de Smart Contract. Características principales*, se detalla una explicación técnica sobre los contratos inteligentes y se profundiza en las principales iniciativas actuales de estandarización en materia de blockchain y smart contracts, dividiendo los distintos grupos de trabajo y proyectos en sucesivos subapartados.

El capítulo cuarto, *4. Aproximación a la noción legal de contrato inteligente*, parte de un enlace previo entre el derecho de Internet y el derecho de blockchain para después analizar las principales connotaciones jurídicas de los llamados legal smart contracts, estudiando sus requisitos contractuales. El capítulo finaliza planteando las principales diferencias entre los contratos tradicionales, no inteligentes, y los contratos inteligentes legales, desde la óptica de

la teoría general del contrato y realizando la exposición por orden cronológico siguiendo el *iter* contractual habitual en el ordenamiento jurídico español.

El quinto apartado, 5. *Comparativa internacional de la regulación del legal smart contract*, presenta un estudio de derecho comparado sobre el tratamiento jurídico que reciben los contratos inteligentes en múltiples jurisdicciones. En un primer subapartado se comenta la regulación y normativa aplicable al respecto en sistemas de Common Law, pasando después a analizar la regulación a nivel europeo con algunos ejemplos destacados de jurisdicciones que han regulado plenamente los legal smart contracts, como Italia y Estonia. El capítulo termina con una propuesta del alumno de elementos clave para llevar a cabo una regulación en este sentido en nuestro país.

En el capítulo sexto, 6. *Posibles aplicaciones de los contratos inteligentes legales en el sistema financiero*, el estudio de la cuestión se centra en dos de los sectores principales de adopción y aplicación de la tecnología blockchain, como son el mercado de valores y la práctica financiera y bancaria. En cada uno de estos dos subapartados se discuten las principales implicaciones legales y económicas que la implantación de este tipo de tecnología podría tener en estos sectores, haciendo referencia a su eventual encaje según la normativa vigente (LMV y MiFID).

En el último apartado, 7. *Conclusiones*, se exponen los resultados obtenidos por el alumno en este proyecto de investigación jurídica, planteando también futuras líneas de investigación que podrían resultar procedentes e interesantes en este ámbito de estudio pero que por limitación de espacio no pueden abordarse en el presente trabajo.

Finalmente, se adjunta la bibliografía referenciada en el desarrollo del presente trabajo.

2. CARACTERÍSTICAS ESENCIALES DE LA CADENA DE BLOQUES O BLOCKCHAIN

2.1. Hacia un sistema de información confiable seguro. El principio CIA

Para proceder al estudio de las nociones básicas de la llamada cadena de bloques, paradigma de la tecnología de registro distribuido donde se desenvuelve el smart contract, conviene destacar primero la importancia que, en el entorno de relación social digital, a distancia y entre personas real o potencialmente desconocidas, adquiere la fiabilidad de la información. A pesar de lo que pudiera parecer, la búsqueda de un sistema de información seguro no es en absoluto moderna. Durante siglos, el ser humano ha buscado desarrollar un mecanismo que le permitiese acceder a información confiable, esto es, registros o documentos que reflejasen fielmente la realidad. Históricamente, la solución planteada fue recurrir a algún tipo de autoridad supervisora central que velara por la fiabilidad de la información.

Esta pretensión arcaica del hombre terminó desembocando en los fundamentos que componen la denominada tríada CIA. La tríada o principio CIA constituye un modelo básico de establecimiento de sistemas de seguridad modernos, y juega un papel fundamental en el desarrollo de la ciberseguridad actual¹. Según este principio, un sistema solamente será seguro y, por tanto, confiable, cuando cumpla con los requisitos de confidencialidad, integridad y disponibilidad:

- *Confidencialidad*: lo que puede implicar un mecanismo de privacidad, pues el acceso a la información del sistema está restringido a unos pocos individuos. Las medidas adoptadas para garantizar la confidencialidad tienen por objeto impedir que la información sensible termine en poder de personas equivocadas, al mismo tiempo que garantiza el acceso a los sujetos designados².
- *Integridad*: la información de un sistema solamente será íntegra cuando sea posible mantener su consistencia, exactitud y confiabilidad durante todo el ciclo de vida de los datos.

¹ Chia, T., “Confidentiality, Integrity, Availability: The three components of the CIA Triad”, *StackExchange*, 2012 (disponible en <https://security.blogoverflow.com/2012/08/confidentiality-integrity-availability-the-three-components-of-the-cia-triad/>; última consulta 12/04/2020).

² Rouse, M., “Confidentiality, Integrity, and Availability (CIA triad)”. *Techtarget Network*, 2018 (disponible en <https://whatis.techtarget.com/definition/Confidentiality-integrity-and-availability-CIA>; última consulta 12/04/2020).

- *Disponibilidad*: de nada serviría un sistema de información confiable si quien tuviera permisos para ello no pudiera acceder a la información cuando fuera necesario, por lo que la disponibilidad se convierte en el tercer pilar fundamental.

Sin embargo, la búsqueda de un sistema seguro confiable sin depender de una autoridad central no resultó exitosa hasta la aparición del concepto de blockchain.

2.2. Concepto de la tecnología de registro distribuido o DLT

La terminología utilizada en el ámbito criptográfico no cuenta aún con definiciones totalmente uniformes, si bien los organismos de normalización internacional están introduciendo nociones consensuadas³. Así, es habitual encontrar una equiparación en la literatura especializada entre tecnología DLT y blockchain. Debe quedar claro que, si bien la tecnología de registro distribuido subyace a blockchain, no toda DLT es necesariamente una blockchain, ya que la cadena de bloques es solamente uno de los usos principales de la tecnología DLT. Por lo tanto, resulta procedente definir la tecnología de registro distribuido antes de abordar el concepto de un uso particular de DLT como es blockchain.

La DLT puede definirse como una tecnología de comunicación digital que se articula como “un sistema que permite a unas partes que no confían plenamente entre sí formar y mantener un consenso sobre la existencia, el estado y la evolución de un conjunto de datos compartidos”⁴. El sistema emplea una base de datos compartidos, el *ledger* o libro de anotación registral, que se maneja de forma conjunta o multilateral por los distintos usuarios que conforman la red, desde unos puntos nodos. De esta manera, los datos que se registran y se comparten son autogestionados por los propios usuarios del sistema, sin necesidad de intervención de registrador o fedatario público⁵.

Pueden desglosarse cuatro características esenciales de la tecnología DLT, a saber:

1.- Ausencia de autoridad supervisora central: las adiciones al registro o los cambios en la estructura de gobierno son decididos por consenso por múltiples participantes.

³ A modo de ejemplo, los planteados por el grupo de trabajo ITU-T FG DLT de 2019 en su documento D1.1, como se verá en apartados posteriores.

⁴ Gendal, R., “On Distributed Databases and Distributed Ledgers”, 2016 (disponible en <https://gendal.me/2016/11/08/on-distributed-databases-and-distributed-ledgers/>; última consulta 12/04/2020).

⁵ Ibáñez Jiménez, J. W., *Derecho de Blockchain y de la tecnología de registros distribuidos*, Aranzadi, Pamplona, 2018, p. 47.

2.- Unidad y unicidad de registro: el contenido del *ledger*, a pesar de existir una pluralidad de nodos, es único, de contenido unitario, y configurado de forma unívoca⁶.

3.- Inmutabilidad del registro: siempre que exista consenso entre los participantes del medio DLT, los datos incorporados son inmutables y permanecen seguros e intactos durante el tiempo que permanezca activo el libro registro.

4.- Desintermediación: no es necesaria la presencia de ninguna figura intermediaria, pues los nodos del sistema son capaces de interactuar directamente entre sí. Esto implica que cualquier transacción, tanto de datos como de activos digitalizados⁷, puede iniciarse directamente a través de los nodos del sistema DLT.

2.3. ¿Qué es la tecnología blockchain? Estudio del caso de la blockchain emisora de Bitcoin

El concepto de cadena de bloques surgió en el seno de la comunidad de expertos en criptografía, elaborado en 2008 por un individuo no identificado que actuaba bajo el pseudónimo de Satoshi Nakamoto⁸. Nakamoto fue capaz de desarrollar la primera aplicación práctica de la tecnología blockchain, ideando Bitcoin, una moneda que no necesitaba del respaldo de ningún banco central⁹.

Blockchain puede definirse como el conjunto de tecnologías que, mediante el uso de técnicas criptográficas, consigue establecer un registro de información distribuida en red, sin que la validez de la información tenga que estar certificada por una autoridad central. Consiste en un sistema digital de igual a igual o *peer to peer* (P2P), que permite la realización de transacciones verificadas sin intermediarios¹⁰. Es la propia red, por consenso entre los participantes, la que garantiza que la información no ha sido alterada en forma alguna. Así, la idea de Nakamoto sobre las tecnologías blockchain que permiten

⁶ En relación con la *reference architecture* planteada por ITU-T FG DLT D3.1, desarrollada en Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 48.

⁷ Véase más adelante el ejemplo de Bitcoin.

⁸ Ganne, E., “¿Pueden las cadenas de bloques revolucionar el comercio internacional?”, *Estudio de la Organización Mundial del Comercio*, pp. 53-65, 2018 (disponible en https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/blockchainrev18_s.pdf; última consulta 12/04/2020).

⁹ Nakamoto, S. “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, 2008 (disponible en <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>; última consulta 12/04/2020).

¹⁰ Nótese que el término “transacción” no hace referencia a una operación de mercado o de naturaleza dineraria, sino a toda modificación o intercambio de información en esta tecnología de comunicación digital.

Bitcoin dio origen a las denominadas tecnologías de registro distribuido o DLT (*Distributed Ledger Technology*), que no son sino la aspiración a un sistema de información confiable seguro mencionada en el apartado anterior.

En blockchain, los diferentes registros de información se agrupan en un “bloque” que contiene esos datos junto con una operación criptográfica de los mismos y del bloque anterior —y, como éste a su vez lo hace del anterior, de todos los demás—. De esta forma, resulta imposible alterar un dato sin que todos los subsiguientes elementos de la cadena resulten modificados y, por tanto, el intento de modificación resulte evidente. De ahí proviene el nombre de “cadena de bloques”.

Para asegurar que un bloque de datos no se vea modificado, esto es, para mantener la integridad de la información, se genera un *hash* con los datos de ese bloque. En criptografía, una función *hash* es simplemente una operación matemática para hacer corresponder a un número grande o a una cadena larga de caracteres un número o cadena más pequeña, de tamaño fijo conocido. Una de las posibles aplicaciones de una función *hash* es asegurar la integridad de una información puesto que, al menor cambio en la misma, el resultado de la función cambia por completo.

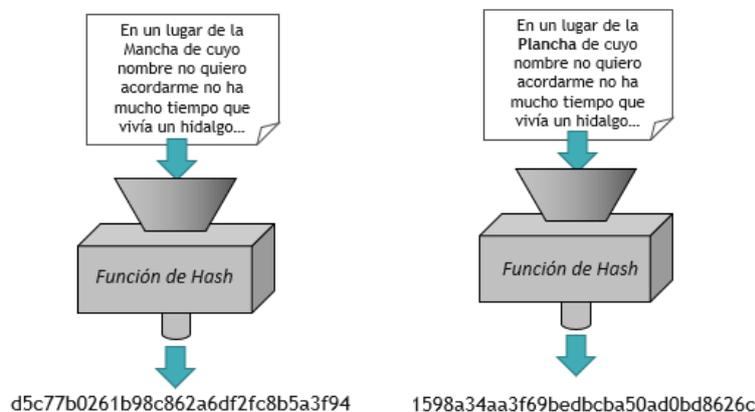


Ilustración I. Funcionamiento de una función hash. Elaboración propia.

Dada una función *hash*, encontrar una entrada que resulte en una salida conocida o con unas características determinadas es un problema matemáticamente muy complejo. El punto clave en blockchain es que, además de la información propia del bloque, se añade, como entrada para el cálculo de la función *hash*, el *hash* resultante del bloque anterior. De esta forma, resulta imposible alterar un dato sin que todos los subsiguientes elementos de la cadena resulten modificados y por tanto el intento de modificación resulte evidente.

Si un atacante quisiera modificar la información de un bloque, tendría que volver a calcular todos los bloques.

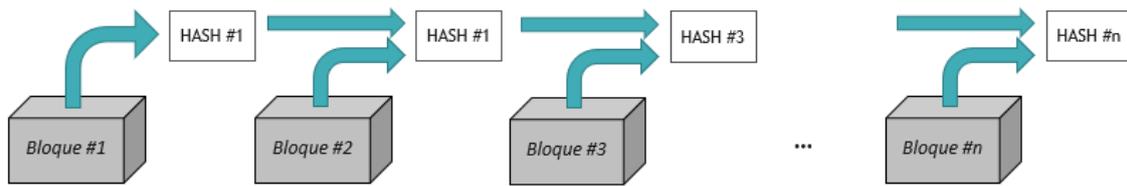


Ilustración II. Esquema simplificado de una cadena de bloques. Elaboración propia.

Para hacer aún más difícil una modificación no autorizada de información, se obliga a que el *hash* generado en cada paso tenga unas determinadas características, buscando una información extra a añadir al bloque, denominada *nonce*, que haga que el *hash* tenga esas propiedades. En el caso de la cadena de bloques de Bitcoin, la propiedad que se busca en el *hash* es que comience por un determinado número de “ceros”. Encontrar ese *nonce* en cada bloque es computacionalmente muy complejo, requiriendo muchos recursos y tiempo conseguirlo. La tarea deviene prácticamente imposible, puesto que sería necesario rehacer el cálculo para todos y cada uno de los bloques.

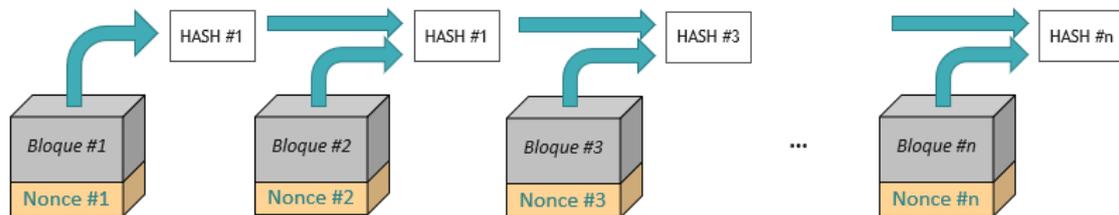


Ilustración III. Esquema de una cadena de bloques. Elaboración propia.

A ese *nonce* encontrado se le denomina también “*proof of work*”, puesto que es la prueba de haber realizado el esfuerzo computacional para hallarlo. El *proof of work* es uno de los múltiples algoritmos de consenso existentes, que permiten que diversos participantes, que pueden no conocerse ni confiar los unos en los otros, se pongan de acuerdo para añadir nuevas entradas al registro. El “consenso” implica garantizar que los registros de todos los participantes de la red son idénticos y que no se producen fraudes ni duplicidades¹¹.

¹¹ Romero Ugarte, J. L., “Tecnología de Registros Distribuidos (DLT): una introducción”, *Boletín Económico* 4/2018 del Banco de España, 2018 (disponible en <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/ArticulosAnaliticos/2018/T4/descargar/Fich/beaa1804-art26.pdf>; última consulta 12/04/2020).

Además de la tecnología P2P y los algoritmos de consenso, Bitcoin también utiliza la llamada criptografía asimétrica. En la criptografía tradicional, o simétrica, todo lo que necesitamos para cifrar o descifrar un mensaje es una clave. Así, si los usuarios A y B quieren comunicarse un secreto entre sí, sólo necesitan conocer una clave compartida. Por el contrario, en la criptografía de clave pública o asimétrica, las claves de cifrado y descifrado son distintas y además están ligadas, de forma que lo que cifremos con una sólo podemos descifrarlo con la otra.

De forma similar, si un mensaje puede ser leído con la clave pública de A, podremos estar seguros de que es A quien lo ha generado, puesto que ha tenido que ser cifrado con su clave privada. Por tanto, esta es una forma no sólo de hacer confidencial la información, sino también de validar la autenticidad del emisor, lo que constituye la base de la firma digital.

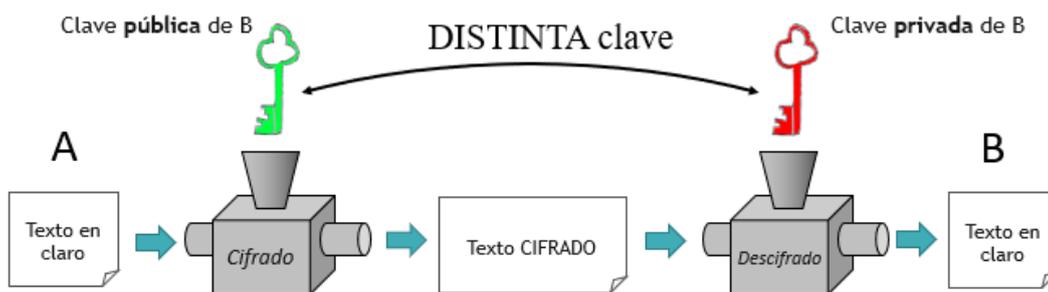


Ilustración IV. Funcionamiento de la criptografía asimétrica. Elaboración propia.

Nakamoto idea todo este sistema como una forma de generación de transacciones monetarias de Bitcoin. El dueño de la criptomoneda la transfiere a otro usuario firmando digitalmente con su clave privada un hash de la transacción y de la clave pública del nuevo propietario. De esta forma, todo el mundo puede comprobar la validez de la transacción, y así sucesivamente.

A diferencia de lo que ocurre cuando interviene un banco, la identidad en una operación de Bitcoin está autogestionada por cada usuario mediante su clave pública criptográfica, mientras que su clave privada es la que permite el acceso a realizar transacciones.

Cada transacción monetaria se registra en un “libro principal de contabilidad” o “libro registro” (*ledger*) que se almacena digitalmente de forma inalterada en la red bitcoin de forma descentralizada. Los programas informáticos funcionan simultáneamente y de forma idéntica en toda la red o grupo de computadoras, servidores o terminales denominados “nodos”¹². Cada transacción se añade a la cadena, sin borrar ni modificar datos ya existentes.

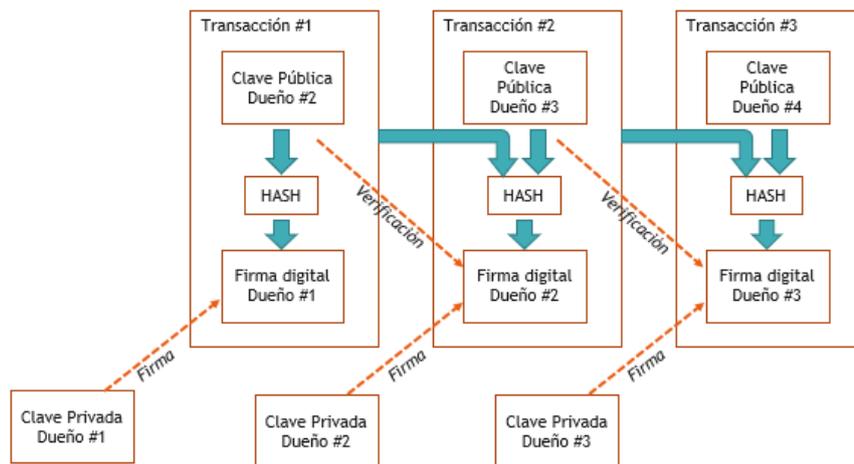


Ilustración V. Esquema de una transacción en blockchain. Elaboración propia.

¹² Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p.49.

3. NOCIÓN TECNOLÓGICA DE SMART CONTRACT. CARACTERÍSTICAS PRINCIPALES

3.1. Concepto tecnológico de smart contract

Dos décadas antes de que se desarrollase la tecnología que los haría posibles, el concepto de contrato inteligente apareció en la revista especializada *Extropy*. Este término fue acuñado por Nick Szabo en 1996 para definir “un conjunto de promesas¹³, especificadas en forma digital, incluyendo protocolos dentro de los cuales las partes cumplen con estas promesas¹⁴.”

Según Szabo, en el diseño contractual podían distinguirse cuatro objetivos básicos:

- 1.- Observabilidad, la capacidad de las partes tanto para observar el cumplimiento del contrato por parte de los demás como para demostrar su cumplimiento a otros.
- 2.- Verificabilidad, en tanto la parte es capaz de demostrar ante una autoridad que el contrato se ha cumplido o no. Podría añadirse a este objetivo la capacidad de la propia autoridad para averiguar si se ha producido el cumplimiento por medios distintos a la interacción con la parte contratante.
- 3.- Privacidad, el principio de que el conocimiento y el control del contenido y la ejecución de un contrato deben distribuirse entre las partes sólo en la medida en que sea necesario para la ejecución de ese contrato.
- 4.- Aplicabilidad o capacidad de ejecución del contrato, lo que para Szabo iba necesariamente ligado con una reducción al mínimo de la aplicación de la ley.

Como puede observarse, estos cuatro elementos pueden ser garantizados en la actualidad con blockchain. Tras un primer desarrollo de la misma con el surgimiento de la criptomoneda Bitcoin, explicada en el apartado anterior, podría hablarse de una suerte de segunda generación de blockchain, que permite aplicaciones más complejas de la tecnología de registros distribuidos, en la que los smart contracts gozan de un mayor protagonismo. Si bien existen distintas blockchains que pueden ser utilizadas para

¹³ Debe tenerse en cuenta que estas “promesas” son una serie de acciones informáticas inteligibles en lenguaje tecnológico, que nada tienen que ver con la promesa unilateral de contrato recogida en nuestro ordenamiento jurídico en el artículo 1451 del Código Civil. Es decir, no nos encontramos ante una “promesa de vender o comprar” habitual en el tráfico jurídico, sino ante protocolos informáticos de actuación condicionados.

¹⁴ Szabo, N., “Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets”, 1996 (disponible en http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOTwinterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html; última consulta 12/04/2020).

desarrollar contratos inteligentes, la más común es Ethereum, por la posibilidad de programar contratos más avanzados y personalizados. Esto se debe a que la blockchain de Ethereum permite un sistema de Turing completo. Como resultado, las cadenas de bloques pueden ser más que una simple base de datos distribuida y llegar a ser plataformas de computación general¹⁵.

En este sentido, y ya en el contexto de la tecnología de la cadena de bloques, una posible definición de *smart contract* es la de código que se ejecuta en la cadena de bloques para facilitar, ejecutar y hacer cumplir los términos de un acuerdo entre partes que no confían plenamente entre sí¹⁶.

Hay entre la doctrina especializada quien va más allá y habla de “contrato digital automatizado”, en el que los términos del acuerdo se incorporan a un software y este se cumple automáticamente tras el reconocimiento de una determinada entrada o *input*¹⁷.

Esta última definición puede inclinar a pensar que los contratos inteligentes son autoejecutables en todo caso, cuando en realidad, desde una perspectiva tecnológica, se configuran más bien como un software que ejecuta una función o funciones concretas cuando se cumple una condición previamente establecida. Así, estas funciones son en realidad instrucciones condicionales, que se basan en la tecnología de registros distribuidos para construir una estructura de *ifs* y *thens*, esto es, “si se da una situación A, entonces haz B”¹⁸.

Todas las ejecuciones realizadas por un contrato inteligente son, por definición, inmutables, lo que los hace resistentes a las manipulaciones, pero también significa que no pueden ser revertidas si algo sale mal¹⁹. Además, si se da una circunstancia no prevista

¹⁵ Chen, S., Pomonarev, A. y Falamaki, S., “Risks and opportunities for systems using blockchain and smart contracts”, *The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*. Informe Técnico EP175103, 2017 (disponible en https://www.researchgate.net/publication/320619389_Risks_and_opportunities_for_systems_using_blockchain_and_smart_contracts; última consulta 12/04/2020).

¹⁶ Alharby, M. y Van Moorsel, A., “Blockchain-Based Smart Contracts: A Systematic Mapping Study”. *Fourth International Conference on Computer Science and Information Technology*, CSIT, 2017 (disponible en <https://arxiv.org/abs/1710.06372>; última consulta 12/04/2020).

¹⁷ Murphy, S. y Smith, R., “Can Smart Contracts Be Legally Binding Contracts?”, *Norton Rose Fulbright*, 2016 (disponible en www.nortonrosefulbright.com/knowledge/publications/144559/can-smart-contracts-be-legally-binding-contracts; última consulta 12/04/2020).

¹⁸ Feliu Rey, J., “Smart Contract: concepto, ecosistema y principales cuestiones de Derecho privado”, *La Ley Mercantil*, n° 47, 2018, p. 9.

¹⁹ Ou, E., “Smart Contracts Don’t Have to Be Dumb”, *Bloomberg*, 2016 (disponible en <https://www.bloomberg.com/view/articles/2016-10-21/smart-contracts-don-t-have-to-be-dumb>; última consulta 12/04/2020).

por las partes —y, por tanto, no introducida en el software y su estructura de *ifs*— el SC no hace nada, provocando una potencial exposición de las partes interesadas. Esta situación obliga a ser capaces de prever de antemano todas las consecuencias (*thens*) de todos los posibles acontecimientos en el ámbito de ese contrato inteligente.

3.2. Estandarización en materia de blockchain y en particular sobre smart contracts desplegados en la arquitectura de red DLT

A pesar de la creciente popularidad de la tecnología blockchain, el uso de contratos inteligentes está aún lejos de la adopción masiva. Para facilitar el uso de estas herramientas digitales deben resolverse cuestiones de seguridad, legalidad y, sobre todo, de estandarización técnica. Esto último resulta fundamental, pues a través de unos estándares se posibilita la consecución de la interoperabilidad entre los distintos tipos de contratos inteligentes en la cadena y el desarrollo de un ecosistema sólido, que sea capaz de anticipar y adaptarse a nuevas tendencias tecnológicas que puedan tener impacto en la operativa en las redes blockchain. En este sentido, conviene mencionar que la estandarización puede darse a lo largo de distintas capas, dentro de la llamada *reference architecture* de la cadena de bloques²⁰. Entre dichas capas, podemos distinguir fundamentalmente dos: por un lado, la capa *core* en la que encontramos componentes como los mecanismos de consenso y la protección de datos y, por otro lado, la capa de servicios, que incluye funciones como la gestión internodal y los mecanismos de contratación inteligente.

En la actualidad existen una pluralidad de foros y grupos de trabajo en materia de estandarización de blockchain y despliegue en la cadena de smart contracts:

3.2.1. Estándares ITU-T FG DLT

La Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, por sus siglas en inglés) es el organismo especializado de las Naciones Unidas en el ámbito de las telecomunicaciones y en las tecnologías de la información y la comunicación. A su vez, el ITU-T es un órgano de carácter técnico que se dedica a publicar recomendaciones para normalizar y estandarizar diversas tecnologías a nivel mundial²¹. En este sentido, cabe destacar el

²⁰ Planteada así en los documentos D 3.1 y D 3.3 del grupo de trabajo ITU-T FG DLT.

²¹ Como puede observarse en el Prólogo al Informe Técnico 4.1 de ITU-T.

informe técnico D1.3, del 1 de agosto de 2019, que describe el panorama general de estandarización de la tecnología DLT a nivel mundial²².

3.2.2. Grupos de trabajo ISO

La Organización Internacional para la Estandarización o ISO estableció un comité técnico para abordar la estandarización de las cadenas de bloques y DLTs con miras a favorecer tanto la interoperabilidad como el intercambio de datos entre usuarios, aplicaciones y sistemas²³. Este comité, el ISO/TC 307, se constituyó en 2016 a iniciativa de Australia e incluye un grupo de trabajo en relación con la estandarización de los contratos inteligentes y sus potenciales aplicaciones. Esta labor de estandarización resulta especialmente interesante en el marco del presente trabajo, pues uno de sus documentos más destacados, el ISO/TR 23455:2019, presenta una visión general de la operativa de los smart contracts tanto *on-chain* como *off-chain* para analizar después la posible vinculación legal de los contratos inteligentes y su eventual ejecución siguiendo cauces legales.

3.2.3. Iniciativa Blockchain de IEEE

Esta iniciativa del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos, aprobada en 2018, ha llevado a cabo múltiples actividades de estandarización de blockchain y facilitado la adopción de esta tecnología en múltiples sectores industriales, como en el caso del lanzamiento del primer taller virtual de blockchain, Advancing HealthTech for Humanity²⁴. Entre sus proyectos de estandarización activos destacan el P2140.1 sobre requisitos generales para transacciones de criptodivisas y el P2140.5 sobre la figura del custodio.

3.2.4. Grupos de trabajo CEN/CENELEC sobre Blockchain y DLT

CEN y CENELEC tienen la consideración oficial de organizaciones de estandarización europeas y trabajan en el desarrollo de normas y estándares que faciliten la implementación de la normativa de la Unión Europea. En 2018 estas organizaciones publicaron un informe técnico en el que se exploraba el potencial de la cadena de bloques

²² <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/dlt/Pages/default.aspx>

²³ Ebrahimi, T., “Standardization activities in Blockchain and Distributed Ledger Technologies”, *JPEG*. 2018 (disponible en https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/session_3_1_touradj_ebrahimi.pdf; última consulta 12/04/2020).

²⁴ IEEE., “IEEE Blockchain Technical Community Standards”, *IEE Blockchain*, 2020 (disponible en <https://blockchain.ieee.org/standards>; última consulta 12/04/2020).

y DLT para establecer una infraestructura de servicios con impacto más allá del mercado financiero, en lo que se denominó “Industria 4.0”. Basándose en dicho informe, se ha creado un grupo de trabajo conjunto, *CEN-CENELEC JTC 19 Blockchain and Distributed Ledger Technologies*, con el objetivo de identificar normas internacionales ya disponibles o en proceso de elaboración.

3.2.5. Plataforma INATBA

Se trata de una de las iniciativas más recientes en materia de estandarización, promovida en 2019. La Asociación Internacional de las Aplicaciones Blockchain de Confianza nació como una plataforma promovida por la Comisión Europea para definir la estrategia de la UE en el uso de estas tecnologías. En la actualidad es una agrupación de más de 100 empresas públicas y privadas que busca desarrollar un marco global más transparente que posibilite la adopción de blockchain y las tecnologías de registro distribuido²⁵.

3.2.6. ETSI

El Instituto Europeo de Estándares de Telecomunicaciones o ETSI es una organización independiente sin ánimo de lucro que trabaja en el desarrollo de estándares de aplicación global en el ámbito de las TIC. En 2018 estableció un grupo específico de estudio sobre la industria blockchain, analizando potenciales vías de implementación de esta tecnología tanto a nivel industrial como en la operativa de instituciones gubernamentales. Además, cuentan con un grupo de trabajo exclusivo para el desarrollo de estándares sobre tecnologías DLT y smart contracts, centrándose en la verificación de acuerdos de nivel de servicios. Algunas de sus publicaciones más relevantes son el documento GR PDL 001 V1.11 analizando el entorno de estandarización de la tecnología DLT y el documento GR PDL 005 V1.11, que presenta un esquema de pruebas de concepto.

²⁵ Fernández Espinosa, L., “BBVA joins INATBA, the international blockchain alliance promoted by the EC”, *BBVA*, 2019 (disponible en <https://www.bbva.com/en/bbva-joins-inatba-the-international-blockchain-alliance-promoted-by-the-ec/>; última consulta 12/04/2020).

4. APROXIMACIÓN A LA NOCIÓN LEGAL DE CONTRATO INTELIGENTE

4.1. Enlace entre derecho de Internet y derecho de Blockchain

Resulta esencial analizar como cuestión previa a la noción legal de contrato inteligente el enlace existente entre el derecho de internet y el derecho de blockchain. Como ya ha resuelto mayoritariamente la doctrina especializada, Internet no es un espacio al margen del Derecho y ajeno a la práctica jurídica²⁶. En este sentido, podemos encontrar actualmente múltiples iniciativas por parte del legislador que confirman el derecho de Internet como una nueva disciplina jurídica, como son la Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de información y de comercio electrónico o el Reglamento UE 2016/679, de 27 de abril de 2016, relativo a la protección de datos.

En este contexto, el derecho de la cadena de bloques y de DLT ha de encuadrarse necesariamente en este derecho de internet y adoptar sus principios, pues la tecnología de registros distribuidos usa por definición internet como medio de desenvolvimiento natural²⁷.

Además, cabe destacar que las características de la DLT suponen una revolución del propio concepto de derecho de internet. Una de las notas esenciales de la estructura DLT es que su funcionamiento lleva aparejado la conexión entre sistemas informáticos y sistemas físicos, como el IoT (*Internet of Things* o Internet de las cosas), lo que permite la interacción entre el mundo exterior y el mundo interno de blockchain, posibilitando el desarrollo de modelos de negocio muy variados²⁸.

El potencial cambio radical en el modo de plantear las relaciones negociales entre particulares y entre personas jurídicas que se deriva de dicho rasgo esencial implica una labor de adecuación en todas las disciplinas jurídicas de nuestro ordenamiento, incluida internet²⁹.

Así, las características consustanciales de la cadena de bloques superan lo ya previsto en materia de derecho informático y de internet. Blockchain, como caso particular que es de la tecnología DLT, plantea en cualquier ordenamiento, por sus características concretas,

²⁶ Barrio, M., “Es preciso disponer de un Ministerio de lo Digital”, *Entrevista Lefebvre*, 2018 (disponible en <https://elderecho.com/moises-barrio-preciso-disponer-ministerio-lo-digital>; última consulta 12/04/2020).

²⁷ Ibáñez Jiménez, J. W., *Blockchain: primeras cuestiones en el ordenamiento español*, Dykinson, Madrid, 2018, p. 19.

²⁸ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 57.

²⁹ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018b), *Op. cit.*, p. 19.

una serie de retos jurídicos principales que formarían parte de este “derecho de blockchain”, a saber: como infraestructura de identidad digital, como nuevo espacio de creación de derechos, y como centro de contratación y transmisión de derechos de contenido patrimonial.

4.1.1. Infraestructura de identidad digital

Uno de los usos más evidentes de la tecnología blockchain es el de los registros de cantidades masivas de datos. La cadena de bloques actúa como un mecanismo de almacenamiento y como custodia de los registros, garantizando su inalterabilidad, y de dicho mecanismo se deriva la posibilidad de utilizar el uso registral de blockchain como infraestructura de identidad digital³⁰. Blockchain se convierte así en un espacio de confianza, tanto en una dimensión jurídica como técnica.

Esto se debe a que una de las categorías clave de datos en el sistema jurídico español es la relativa a la identidad de personas físicas y jurídicas, y la tecnología DLT permite innovar en la resolución de problemas asociados a la identificación y verificación de la personalidad³¹. Al regirse blockchain por un modelo *trustless* (sin confianza), la identidad digital en este ámbito se fundamenta en un funcionamiento democrático de las redes conforme a protocolos de consenso y en un sistema totalmente desintermediado. Esta forma de identificación no necesita de una autoridad depositaria de confianza, que siempre ha estado presente en los sistemas jurídicos, por lo que requiere normas legales de mayor alcance en relación con la fe pública y la documentación de archivos.

4.1.2. Espacio de creación de derechos

La Ley Modelo de la CNUDMI sobre comercio electrónico posibilita la creación de derechos y obligaciones en espacios virtuales siempre que el soporte electrónico suponga una documentación equivalente a la de otros soportes. Concretamente en su artículo 9 la Ley Modelo precisa que “toda información presentada en forma de mensaje de datos gozará de la debida fuerza probatoria”, para lo cual será necesario probar, entre otros

³⁰ Bustos, G., “El blockchain pondrá el derecho patas arriba”, *Legal Today*, 14 de marzo de 2018 (disponible en <http://www.legaltoday.com/blogs/transversal/blog-administracion-publica/el-blockchain-pondra-el-detecho-patas-arriba>; última consulta 12/04/2020).

³¹ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018b), *Op. cit.*, p. 82.

elementos, la fiabilidad de la forma en la que se haya generado, archivado o comunicado el mensaje, su conservación y la forma de identificación del iniciador. La comunicación y el intercambio de información haciendo uso de la tecnología blockchain supone en la práctica la realización de “transacciones” verificadas sin intermediarios, lo que podría ser susceptible de regulación específica, trascendiendo la óptica actual de la regulación de comercio electrónico y normativa de derecho de internet.

4.1.3. Centro de contratación

El uso de la tecnología de la cadena de bloques como instrumento de contratación cumple con lo dispuesto por el artículo 11 de la ya citada Ley Modelo, pues en la formación del contrato la oferta y la aceptación pueden ser expresadas por medio de un mensaje de datos. Así, puede concebirse blockchain como una suerte de espacio digital de contratación, en el que deberá realizarse una aproximación jurídica a los posibles efectos desplegados por acuerdos realizados exclusivamente haciendo uso de tecnología de registro distribuido. Esto implica analizar si los smart contracts que hacen posible las transacciones en blockchain pueden llegar a tener la consideración de contrato en sentido jurídico, en lo que se profundiza a continuación.

4.2. Análisis de las principales connotaciones jurídicas del Legal Smart Contract

Los contratos inteligentes se han convertido, sin duda, en una de las más relevantes innovaciones que el sector legal ha presenciado en los últimos años. El hecho de concebir una tecnología capaz de cumplir automáticamente los términos de un acuerdo plantea la posibilidad de aumentar la eficiencia en la ejecución de un acuerdo y de reducir simultáneamente los costes asociados a la misma, así como de prescindir de intermediarios.

A pesar de las mejoras que la implantación de los contratos inteligentes tendría en términos de eficiencia y coste, debe asumirse que la definición misma de su concepto plantea limitaciones y problemáticas en el ámbito jurídico. No existe una posición doctrinal clara acerca de la consideración legal de los smart contracts. Mientras hay quien postula que un mero programa informático no puede poseer naturaleza contractual, otros

lo reconocen como un verdadero contrato³². La primera de estas hipótesis doctrinales, llamada negadora, afirma que la estructura y desenvolvimiento técnico de los contratos inteligentes no tiene relevancia desde la óptica del derecho de los contratos, lo que dificulta el desarrollo de regulación de este fenómeno tecnológico³³.

Frente a dicha hipótesis, cabe plantear que lo expuesto en apartados anteriores en relación con las características tecnológicas de los contratos inteligentes no es incompatible con su posible proyección legal, que puede implicar la formación de un contrato o negocio jurídico bilateral, así como la realización de otras actuaciones vinculadas a un contrato³⁴. La aproximación doctrinal existente y mayoritaria en este ámbito postula que el evento programado en el contrato inteligente —que típicamente consiste en el pago, celebración o liquidación de una transacción³⁵— puede recibir tres posibles calificaciones:

1. Como verdadero negocio jurídico, en el caso de que se trate de un contrato (un acuerdo de voluntades en el sentido del artículo 1091 en relación con el 1261 del Código Civil) codificado o encriptado en la red.
2. Como acto jurídico, esto es, como una conducta o actuación humana realizada de manera consciente y voluntaria a la que nuestro ordenamiento atribuye efectos o consecuencias jurídicas, como el pago de una obligación o la ejecución de un contrato.
3. Como un mero hecho jurídico, es decir, como un simple hecho productor de consecuencias jurídicas.

El grupo de trabajo del documento 4.1 ITU-T de 2019 plantea, en relación con las cuestiones regulatorias y de gobernanza que pudieran surgir en las primeras implementaciones de la tecnología DLT, una serie de elementos que sustenten una posible definición de contrato inteligente a efectos legales³⁶. Dicho documento aborda la cuestión distinguiendo entre los contratos inteligentes técnicos o de código y aquellos smart contracts que poseen una “estructura de derecho contractual”, que reciben el nombre de legal smart contract³⁷. Respecto de estos últimos, en relación con la capacidad de

³² Feliu Rey, J., (2018), *Op. cit.*, p. 3.

³³ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 61.

³⁴ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 58.

³⁵ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018b), *Op. cit.*, p. 159.

³⁶ Tal y como desarrollan en el informe técnico los expertos Alexander Chuburkov, Natasha Khramtsovsky y Javier Ibáñez.

³⁷ Ibáñez Jiménez, J. W. en D. 4.1 ITU-T, p. 10, disponible en <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/dlt/Documents/d41.pdf>. Otras corrientes doctrinales también han acuñado el término de “smart legal contract”.

ejecución de los contratos y en el supuesto de que se produzca un incumplimiento contractual que requiera restitución, el informe técnico plantea que podría ser necesario acudir a formas de ejecución *off-chain*. Es decir, a pesar de contar con un negocio jurídico encriptado en la red nodal, ciertas actuaciones requerirían la interacción con el mundo físico. El profesor Javier Ibáñez Jiménez precisa que “si bien el código del smart contract tiene capacidad de ejecución de las transacciones sobre activos gestionados en una red DLT, otras condiciones del contrato requieren de medios de ejecución tradicionales”³⁸.

Otro elemento fundamental en una eventual definición de legal smart contract es la ley aplicable al mismo, sobre lo que los expertos plantean que debe ser el propio contrato inteligente el que fije tanto la ley como el foro aplicable, en atención a las reglas de tutela de consumidores e inversores.

Por último, el informe destaca una característica de la operativa en la red DLT, el potencial anonimato, como un impedimento a la aplicación de normativa de transparencia. Algunas posibles soluciones a esta limitación serían la trazabilidad de los datos en la red, controlando así el uso de pseudónimos, y la restricción del anonimato absoluto al ámbito de las transacciones de importes reducidos.

Así, la doctrina existente concluye que las instituciones de derecho privado vigentes son capaces de absorber adecuadamente los fenómenos jurídicos de la operativa automática de los contratos inteligentes en blockchain³⁹.

Cabe por tanto plantearnos si los contratos inteligentes pueden dar lugar a nuevas formas de acuerdos contractuales, desplazándonos a una primera fase de digitalización del Derecho. Para ello debemos partir de una afirmación previa, y es que el término contrato inteligente no tiene por qué hacer referencia a un contrato en el sentido jurídico-privado de la expresión⁴⁰. Además, el análisis de la naturaleza contractual de los smart contracts implica necesariamente un estudio caso por caso desde la óptica y elementos de un ordenamiento jurídico concreto, pues la definición de contrato a efectos legales puede variar notablemente, como se analizará más adelante, entre distintas jurisdicciones.

Resulta innegable que los contratos inteligentes puedan ser utilizados como un mecanismo automatizado de cumplimiento contractual y, por lo tanto, como fuentes

³⁸ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 56 y ss.

³⁹ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 56 y ss.

⁴⁰ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 56.

productoras de hechos jurídicos⁴¹. Así, en el supuesto de estar ante un tipo concreto de contrato inteligente que cumpla con los requisitos legales para predicar su naturaleza contractual, podría prescindirse del término smart contract —entendido como mero conjunto de protocolos informáticos de ejecución a partir de un *input* concreto— para barajar el concepto de **legal smart contract**. Este legal smart contract sería un verdadero acuerdo entre partes, y no solamente un texto de código fuente o una máquina física de ejecución⁴².

No existe aún en el ordenamiento jurídico español una disposición normativa concreta que defina el concepto legal de contrato inteligente. Podría plantearse que el legal smart contract tiene cabida en el artículo 27 y siguientes de la Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de información y de comercio electrónico (LSSICE), en el marco de la contratación electrónica.

Sin embargo, el soporte digital de la contratación electrónica se ha limitado tradicionalmente a cumplir una función pasiva, es decir, a documentar un acuerdo para facilitar su posterior consulta o utilización⁴³. La cuestión no es baladí, pues tal y como sostiene el Consejo General de la Abogacía Española, el uso de este tipo de software en redes descentralizadas plantea un reto jurídico que trasciende la definición de carácter pasivo del contrato electrónico y que tiene un difícil encaje en el ordenamiento jurídico actual⁴⁴. No hablamos ya de un instrumento de facilitación de la consulta sino de una tecnología capaz de ser, por sí misma, un contrato según el Derecho español.

4.3. Requisitos del contrato

Ante la imposibilidad de encuadrar el legal smart contract en una disposición normativa concreta, debemos basarnos, para confirmar o desmentir su posible naturaleza contractual, en el Código Civil español, en el ámbito de la teoría general del contrato.

⁴¹ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 57.

⁴² Chen, S., Pomonarev, A. y Falamaki, S., (2017), *Op. cit.*, p. 33.

⁴³ Feliu Rey, J., (2018), *Op. cit.*, p. 12.

⁴⁴ Blanco, M., López-Román, E., Montalván, E. Suárez, E., Farran, P. y Fabián, F., “Contratos inteligentes: los smart contract”, *Publicaciones Consejo General de la Abogacía Española*, 2017 (disponible en <https://www.abogacia.es/publicaciones/blogs/blog-nuevas-tecnologias/contratos-inteligentes-los-smart-contract/>; última consulta 12/04/2020).

El Código Civil dedica el Título II de su Libro IV (artículos 1254 a 1314) a los contratos. En estos preceptos, tras unas disposiciones de carácter general, se determinan cuáles son los presupuestos esenciales del contrato. Junto con estos preceptos, existen otros artículos dispersos a lo largo del citado texto que regulan los contratos en especial, si bien en este punto no procede su estudio al tratarse de un análisis general.

Los preceptos básicos a la hora de abordar la concepción legal del contrato son tres, a saber:

1.- Los contratos constituyen fuente primordial de obligaciones. El artículo 1089 del Código Civil establece que “las obligaciones nacen de la Ley, de los contratos, de los cuasicontratos, de los actos u omisiones ilícitos o en los que intervenga cualquier género de culpa o negligencia”. Así, podríamos concebir el contrato inteligente como un mero medio de documentación de un acuerdo —en cuyo caso sí sería aplicable la normativa sobre contratación electrónica— o como fuente de obligaciones jurídicas, lo que sería indispensable para manejar el concepto de legal smart contract.

2.- Los contratos poseen una nota de bilateralidad. El artículo 1254 del Código Civil afirma que el contrato existe “desde que una o más personas consienten en obligarse, respecto de otra u otras, a dar alguna cosa o prestar algún servicio”. Por lo tanto, un contrato inteligente será, en términos legales, un acuerdo de voluntades cuyas partes deciden obligarse a través de un medio digital concreto y una base documental especial en el que consten unas cláusulas contractuales determinadas.

3.- Por último, el artículo 1091 del Código Civil declara que las obligaciones que nacen de los contratos tienen fuerza de Ley entre las partes contratantes, y deben cumplirse al tenor de los mismos.

Tomando estos preceptos de manera conjunta, será posible distinguir entre dos tipos de contratos inteligentes. Por un lado, los llamados contratos inteligentes legales, verdaderos contratos en el sentido jurídico de la expresión, y que son ejecutados por un software. Por otro lado, los contratos inteligentes de código, esto es, meros agentes de software que ejecuten funciones siguiendo la estructura de *ifs* y *thens* explicada en apartados anteriores⁴⁵.

⁴⁵ Stark, J., “Making sense of blockchain smart contracts”, *Coindesk*, 2016 (disponible en <https://www.coindesk.com/making-sense-smart-contracts/>; última consulta 12/04/2020).

4.4. Diferencias entre contratos legales inteligentes y no inteligentes

Los principales impulsores de los contratos inteligentes en el ámbito legal tienden a concebir los contratos como “artefactos técnicos”, de manera que postulan que las transacciones financieras desarrolladas por dichos artefactos pueden ser optimizadas a través del uso de código informático⁴⁶. Si bien esto es cierto, esta concepción de los contratos resulta muy limitada, pues no tiene en cuenta la pluralidad de aspectos de la práctica contractual general. Incluso en aquellos supuestos en los que los contratos inteligentes cumplieran con los ya mencionados requisitos y se pudiera reconocer un legal smart contract como un verdadero contrato según el ordenamiento jurídico español, sería posible destacar una serie de diferencias entre este y los contratos tradicionales, no tecnológicos. En este sentido, se procede a un análisis pormenorizado de los distintos elementos vertebradores de la figura jurídica del contrato:

4.4.1. Formación del contrato y tratos preliminares

Si bien es habitual una formación prácticamente instantánea en los contratos tradicionales, es también frecuente que, antes de que se produzca el concurso entre oferta y aceptación que exige el artículo 1262 del Código Civil, se muestre un interés en contratar *a priori*, sin llegar a manifestar un compromiso total⁴⁷. Estas actuaciones previas, presentes sobre todo en los casos de mayor complejidad o importancia económica, son conocidas como tratos preliminares. La expresión hace referencia a los actos o series de actos que pueden preceder a la perfección del contrato y que se realizan con esa finalidad⁴⁸.

Esta etapa inicial de un acuerdo contractual no presenta diferencias destacables entre contratos legales inteligentes y contratos tradicionales, ya que para que podamos hablar de un legal smart contract operativo, las partes deben prestar su consentimiento a un conjunto de términos que inicie el programa⁴⁹. Es decir, por mucho que el contrato

⁴⁶ Levy, K., “Book-Smart, Not Street-Smart: Blockchain-Based Smart Contracts and The Social Workings of Law”, *ESTS Journal*, 2017 (disponible en <https://estsjournal.org/article/view/107>; última consulta 5/04/2020).

⁴⁷ Castán Tobeñas, J., *Derecho civil español, común y foral, Tomo III*, Editorial Reus, Madrid, 2008.

⁴⁸ Díez-Picazo, L. y Gullón, A., *Sistema de Derecho Civil: El contrato en general. La relación obligatoria, Volumen II, Tomo I*, Tecnos, Madrid, 2017, p. 58.

⁴⁹ Raskin, M., “The Law and Legality of Smart Contracts”, *Georgetown Law Technology Review* 304. New York University School of Law, 2017 (disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2959166; última consulta 12/04/2020).

inteligente posea una capacidad de ejecución automatizada, se requiere la presencia de la voluntad de las partes. Esta voluntad para contratar puede ser manifestada de dos formas. Por un lado, cuando la parte contratante decide suscribir un acuerdo sobre unos términos especificados de antemano. Por otro lado, en el supuesto de operativa contractual a través de agentes electrónicos, cuando se decide el uso de dicho agente para la celebración de acuerdos y se expresa el consentimiento a quedar obligado por sus acciones⁵⁰.

Sin embargo, la formación del contrato que el legislador plantea en el artículo 1262 C.Civ. difícilmente se ajusta a la observada en el ámbito de los contratos inteligentes, pues en esta variante de acuerdo contractual la aceptación de la oferta se produce de manera simultánea a la ejecución del contrato⁵¹. Esta precisión jurídica es relevante, pues si se plantea que el individuo contratante no tiene capacidad de influir en la ejecución del acuerdo que suscribe, será necesaria la presencia de una cierta confianza, hasta el punto de poder llegar a hablar de una suerte de “relación fiduciaria” en la contratación legal inteligente⁵².

Además, la no aplicación de la normativa especial de la contratación electrónica implica que el *iter* negocial de los legal smart contracts no se separa del proceso a seguir por los contratos tradicionales. Sin embargo, si se utilizase un smart contract como un mero soporte digital de un acuerdo, sí sería aplicable lo establecido por el artículo 27 de la LSSICE en relación con la información precontractual que ha de facilitarse, incluyendo, entre otros, medios de identificación y corrección de errores.

4.4.2. Perfección del contrato

Es a partir de la perfección del contrato cuando se fija el inicio de la relación obligatoria entre las partes. El Código Civil en su artículo 1258 establece, con carácter general, que “los contratos obligan por el mero consentimiento”. Resulta relevante, por tanto, ser capaces de determinar tanto el lugar como el momento en el que este consentimiento se emite válidamente.

⁵⁰ Savelyev, A. “Contract law 2.0: ‘Smart’ contracts as the beginning of the end of classic contract law”, *Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP 71/LAW*, 2016 (disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2885241; última consulta 12/04/2020).

⁵¹ Raskin, M., (2017), *Op. cit.* p. 322.

⁵² Savelyev, A. (2016), *Op. cit.* p. 11.

En este punto puede destacarse una diferencia de los contratos inteligentes con respecto a los contratos tradicionales. Estos últimos suelen ser contratos con la presencia de las partes o de sus representantes que en un mismo acto intercambian sus consentimientos⁵³.

Por el contrario, los contratos inteligentes legales se conciben como un medio de contratación a distancia, utilizando medios telemáticos. Si bien no era lo habitual, nuestro ordenamiento jurídico ya recogía el supuesto en el que las partes se encontraban separadas y utilizaban medios para la aceptación distintos a los representantes, como las cartas, pero no hacía mención alguna al uso de dispositivos automáticos. La ya citada LSSICE modifica la redacción del artículo 1262 del Código Civil mediante la Disposición Adicional 4ª, en la que afirma que “hallándose en lugares distintos el que hizo la oferta y el que la aceptó, hay consentimiento desde que el oferente conoce la aceptación, o desde que, habiéndosela remitido al aceptante, no puede ignorarla faltando a la buena fe”. La modificación concluye la redacción del artículo con un nuevo párrafo: “en los contratos celebrados mediante dispositivos automáticos, hay consentimiento desde que se manifiesta la aceptación”. También se modifica en los mismos términos el artículo 54 del Código de Comercio.

Nuestra teoría general del contrato pasa de esta manera a centrarse en la teoría de la emisión, de manera que el legal smart contract se entenderá perfeccionado cuando el destinatario de la oferta declare su conformidad sobre la misma. En cualquier caso, determinar esto no supone una gran diferencia con respecto a la teoría de la recepción de la aceptación. Siguiendo lo establecido por el artículo 18 de la Convención de las Naciones Unidas sobre los Contratos de Compraventa Internacional de Mercaderías, debemos tener en cuenta las circunstancias concretas de la transacción y, en particular, la rapidez de los medios de comunicación empleados por el oferente. Si se está haciendo uso de redes descentralizadas para contratar, podemos afirmar que la emisión coincide en el tiempo con la recepción de la aceptación.

⁵³ Díez-Picazo, L. y Gullón, A., (2017), *Op. cit.* p. 62.

4.4.3. Forma del contrato

Para exponer las diferencias entre contratos inteligentes y tradicionales en este aspecto, se parte de la ya clásica división doctrinal entre formalidades *ad substantiam* o *ad solemnitatem* y *ad probationem*.

Debe destacarse que el Código Civil sigue el sistema espiritualista, de manera que su artículo 1278 establece para supuestos generales de contratación que “los contratos serán obligatorios, cualesquiera que sea la forma en que se hayan celebrado, siempre que en ellos concurren las condiciones esenciales para su validez”.

También encontramos exigencias de una forma especial por parte del ordenamiento jurídico en el artículo 1279, que establece una forma concreta como requisito “para hacer efectivas” las obligaciones propias de un contrato y en el artículo 1280, que directamente impone el documento público como requisito de eficacia del contrato.

Al no contar con regulación específica, en principio los legal smart contract deberían regirse por lo establecido en el artículo 1278 y gozar de libertad de forma en su contratación. Aquí aparece su particularidad, pues resulta evidente que este tipo de contratos necesita de una forma específica, la del lenguaje criptográfico, para efectuar la manifestación digital de la prestación del consentimiento y consiguiente acuerdo de voluntades con unos efectos concretos. La ausencia de esta nueva forma puede implicar la imposibilidad de consumir el contrato o la pérdida de sus efectos consustanciales, como son el automatismo en su ejecución, la aplicación de medidas autoejecutables en caso de incumplimiento o la integración de información para determinar prestaciones⁵⁴.

Siguiendo la división doctrinal de formalidades, podría argumentarse que la forma en los legal smart contract es sustancia, de tal forma que no existiría tal negocio si no apareciera recogido en lenguaje criptográfico. Predicar la formalidad *ad solemnitatem* de este tipo de lenguaje implicaría afirmar que es un elemento esencial del contrato, de manera que no nacerían derechos y obligaciones entre las partes por no haber observado la forma. Considero que esta clasificación resultaría un tanto excesiva, pues si bien no se darían los efectos consustanciales de contratar con una tecnología de registro distribuido como subyacente, sí podría darse el supuesto de hablar de contrato tradicional, actuando como fuente de derechos y obligaciones entre las partes. A modo de ejemplo, este sería el

⁵⁴ Feliu Rey, J., (2018), *Op. cit.*, p. 11.

supuesto si en lugar de lenguaje criptográfico se documenta un contrato entre las partes escrito en castellano.

Así, puede resultar procedente acudir a una categoría formal que no existe en nuestro ordenamiento jurídico pero que ha sido elaborada por la doctrina italiana, como es la forma *ad regularitatem*, integrativa o complementaria. Siguiendo esta categoría, la omisión de los requisitos formales de ciertos actos jurídicos no comporta su ineficacia, sino la producción de efectos distintos que los que corresponderían de haberse realizado el acto en la forma correcta⁵⁵. En el ejemplo anterior, no existiría legal smart contract pero sí contrato, que produciría unos efectos distintos a los que hubiera tenido si se hubiera formalizado en código y no por escrito.

4.4.4. Eficacia del contrato

Cabe destacar en este punto que, al no poder predicar la naturaleza contractual de todos los smart contracts según el ordenamiento jurídico español, el uso de esta tecnología no convierte a los acuerdos negociales en válidos por sí mismos, ni en existentes cuando están sujetos a requisitos de solemnidad⁵⁶.

En el plano de la eficacia debemos distinguir por un lado la vinculación entre aquellos que desean contratar y, por otro, la interpretación de las cláusulas contractuales que se aceptan. Más allá de la particularidad del uso de medios telemáticos para contratar mencionada con anterioridad, puede afirmarse que no existen diferencias en la vinculación contractual de contratos legales inteligentes y contratos tradicionales. Como se exponía en apartados previos, es a partir de la perfección del contrato cuando se inicia la relación obligatoria entre las partes, lo que, siguiendo el precepto básico del artículo 1091 del Código Civil, supone el nacimiento de obligaciones que tienen fuerza de ley para los contratantes.

Respecto de la interpretación del contrato inteligente, sí podemos destacar diferencias sustanciales. Podemos definir interpretación como aquella “actividad dirigida a la

⁵⁵ Santos Morón, M. J., “La forma de los contratos en el Código Civil”, *BOE*. Madrid, 1996, pp. 330 y ss. (disponible en <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/21122>; última consulta 12/04/2020).

⁵⁶ Hernández Díaz, J. L., “Decodificando el Smart Contract: Naturaleza Jurídica y Problemas de Uso”, *Universidad Externado de Colombia*, 2018. (disponible en https://www.researchgate.net/publication/328661229_Decodificando_el_Smart-Contract_Naturaleza_Juridica_y_Problemas_de_uso; última consulta 12/04/2020).

determinación del sentido de una declaración o comportamiento negocial, de sus efectos y consecuencias en el orden jurídico, que ha de hacerse en conformidad con unas reglas jurídicas predispuestas”⁵⁷.

En el caso de los contratos tradicionales, la búsqueda del “sentido” lleva a la fijación de unos hechos y a su posterior calificación jurídica. Por su parte, en los legal smart contract no existe la interpretación realizada como tal por un sujeto, sino que es la propia plataforma digital la que, a la luz del lenguaje criptográfico o máquina empleado, “interpreta” y ejecuta las condiciones redactadas.

4.4.5. Cumplimiento del contrato

La forma habitual de extinción de un contrato consiste, en los términos del artículo 1156 del Código Civil, en su cumplimiento, esto es, en la realización de la prestación establecida en sus términos. En la medida en que la parte contratante frustra, por no ajustar su comportamiento, el fin perseguido por el contrato cuando se acordó, se habla de incumplimiento de la relación contractual. Partiendo de la base de que el cumplimiento de la obligación supone la liberación del deudor y la satisfacción del acreedor, el incumplimiento contractual puede significar (i) que el deudor no ha quedado liberado, ya sea porque no ha querido cumplir o porque cree haber cumplido; (ii) que el acreedor no se ha visto satisfecho, o (iii) ambas cosas a la vez. El análisis sobre en qué medida el deudor no ha cumplido y/o en qué medida no se ha satisfecho el interés del acreedor determina las distintas modalidades de incumplimiento: provisional, definitivo y defectuoso.

El carácter inmodificable y autoejecutable del legal smart contract requiere un escenario precontractual en el que las partes se ven obligadas a trazar minuciosamente cada una de las vías por las que el contrato ha de desenvolverse. El uso de Blockchain se justifica al querer hacer uso de un mecanismo de aceptación que no permita modificar el contenido de la prestación por ser autoejecutable, dejando de lado la posibilidad de incumplir o no recibir, lo que es capaz de consolidar el cumplimiento⁵⁸.

⁵⁷ Díez-Picazo, L. y Gullón, A., (2017), *Op. cit.* p. 75.

⁵⁸ Hernández Díaz, J. L., (2018), *Op. cit.* p. 13.

Sin embargo, el contrato inteligente no es capaz de determinar y analizar los eventos externos que puedan afectar al cumplimiento, por lo que se hace necesaria la presencia de una fuente de información externa que recibe el nombre de oráculo⁵⁹.

Estas fuentes de información, generalmente software autónomo, funcionan como un tercero que suministra los datos necesarios para continuar con la ejecución de las prestaciones. Para que los datos recabados sean recibidos de forma idéntica por todos los nodos relevantes en la cadena de bloques, el oráculo inserta la información como transacción en la cadena, para que esté disponible para todos los nodos implicados⁶⁰. Por esta razón, la determinación de los oráculos por las partes se convierte en un nuevo elemento a considerar en el proceso de negociación y elaboración de un legal smart contract.

4.4.6. Modificación y extinción de las relaciones obligatorias

Cabría pensar *a priori* que, al tratarse de contratos de ejecución automática, si las partes cambian su opinión no pueden llevar a cabo ninguna modificación de los términos de dicho contrato. Sin embargo, es relevante precisar que las tecnologías ejecutables como éstas se centran en medidas de seguridad preventivas, *ex ante*, a expensas de las correctivas, *ex post*⁶¹. Esto implica que la modificación de los términos contractuales del smart contract es posible, pero solamente si de manera previa a la aceptación-ejecución el contrato se configura para que se modifique la voluntad de la parte bajo unas condiciones concretas. Es decir, la modificación de la relación obligatoria es posible siempre que se respete una estructura de código de *if + then*, lo que necesariamente implica una capacidad de previsión de aquellas condiciones bajo las cuales la parte no estaría dispuesta a contratar.

⁵⁹ Agustino, A., y Ortega, A., “Smart contracts: principales cuestiones legales”, *Cuatrecasas Gonçalves Pereira Webinars*, 2016 (disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=cMW0HII0DxU>; última consulta 12/04/2020).

⁶⁰ Feliu Rey, J., (2018), *Op. cit.*, p. 17.

⁶¹ Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A. y Goldfeder, S., “Bitcoin and Cryptocurrency Technologies”, *Princeton University*, 2016 (disponible en https://www.lopp.net/pdf/princeton_bitcoin_book.pdf; última consulta 12/04/2020).

Así, existe una relación general entre la citada estructura de *if + then* y la causa-efecto que entraña la celebración-ejecución de las obligaciones de un contrato en Derecho contractual general español.

Respecto de la extinción, los contratos inteligentes se extinguen por las mismas causas que los contratos tradicionales, las que precisa el artículo 1156 del Código Civil. Cabe concluir este apartado destacando que, si bien a efectos jurídicos el legal smart contract desaparece, este seguirá existiendo en la cadena de bloques.

5. COMPARATIVA INTERNACIONAL DE LA REGULACIÓN DEL LEGAL SMART CONTRACT

A pesar del creciente interés suscitado por la materia y el gran potencial de aplicación a los negocios jurídicos de la tecnología de la cadena de bloques, lo cierto es que actualmente resulta difícil encontrar normativa aplicable al ámbito de los smart contracts. Como no podía ser de otra forma, los contratos inteligentes se enfrentan ahora a la prueba del Derecho, ya que su complejidad requiere un marco jurídico seguro y definido para su desarrollo⁶².

En el apartado anterior se expusieron una serie de diferencias entre los legal smart contracts y los contratos tradicionales en el tráfico jurídico. Como pudo observarse, las particularidades de este posible tipo de nuevo contrato nacen de la tecnología, capaz de dar lugar a una serie de efectos consustanciales a estos nuevos acuerdos, como la capacidad de autoejecución. La tecnología de los registros descentralizados funciona como uno de los elementos operacionales de los contratos inteligentes y, además, impacta en su propia sustancia, por lo que se incorpora en la definición y en el eventual tratamiento legal de esta figura⁶³.

En este sentido, muchas de las legislaciones que han abordado la cuestión regulatoria de los contratos inteligentes han basado la definición de la figura jurídica en este elemento tecnológico.

En este apartado se realiza un estudio general de la normativa aplicable a los contratos inteligentes. El análisis comienza con los países con sistemas de derecho común anglosajón, cuestión de especial interés por ser los primeros en abordar la regulación, continúa con la regulación a nivel europeo y finaliza con una serie de propuestas personales para realizar posibles avances legislativos sobre este fenómeno en España.

⁶² Barreau, C., “La régulation des smart contracts et les smart contracts des régulateurs”, *Université de Rennes*, 2017 (disponible en <http://www.anales.org/site/ri/2017/ri-aout-2017/RI-AOUT-2017--Article-BARREAU.pdf>; última consulta 12/04/2020).

⁶³ Feliu Rey, J., (2018), *Op. cit.*, p. 15.

5.1. Regulación y normativa aplicable en los sistemas de Common Law

Los sistemas de Common Law y, en particular, Estados Unidos, han sido los primeros en plantear soluciones jurídicas ante la inexistencia de normativa en la que pudiera encajar el contrato inteligente.

Para comenzar el estudio de la cuestión resulta procedente destacar la labor regulatoria de diferentes estados norteamericanos que han puesto en marcha proyectos e iniciativas específicas para regular este potencial nuevo tipo de contrato con fines diversos⁶⁴.

Entre ellos, Arizona y Vermont pueden ser considerados como los pioneros en esta producción legislativa.

5.1.1. Estados Unidos

La Cámara de los Representantes del Estado de Arizona fue el primer órgano regulador que buscó adoptar su normativa a la nueva tendencia de intercambio de criptoactivos y documentación de transacciones en una cadena de bloques. Así, en 2017 se aprobó la HB2417, por la que se modificaban los estatutos del estado mediante la incorporación de un nuevo apartado denominado “Tecnología Blockchain”⁶⁵. En dicho apartado, se establecía que los contratos inteligentes pasaban a ser una figura aceptada en el tráfico negocial y que ningún contrato tradicional que contase con “términos de contrato inteligente” —en este supuesto, cláusulas escritas en lenguaje criptográfico para documentar el acuerdo— podía ver negado su efecto jurídico, validez o aplicabilidad por ese motivo.

Además, la modificación legislativa incorporó una definición de contrato inteligente, como un *event-driven program, with state, that runs on a distributed, decentralized, shared and replicated ledger and that can take custody over and instruct transfer of assets on that ledger*. Es decir, no se realiza una regulación de legal smart contract, sino de contrato inteligente de código, que sirve como medio de documentación de acuerdos y

⁶⁴ Dell’Erba, M., “Demystifying Technology. Do Smart Contracts Require a new legal framework? Regulatory fragmentation, self-regulation, public regulation”, *Forthcoming University of Pennsylvania Journal of Law & Public Affairs*, 2018 (disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3228445; última consulta 12/04/2020).

⁶⁵ Ley HB2417 del Estado de Arizona, de 2017, por la que se modifica la normativa societaria del Estado.

como instrumento de ejecución de transferencias, siempre dependiente de un acuerdo subyacente. De esta forma, el Act HB2417 busca clasificar los contratos inteligentes como meros registros electrónicos, en el marco de la contratación electrónica y de la normativa de firma electrónica, pues equipara una firma registrada por medio de tecnología de registros distribuidos con una firma electrónica.

Por su parte, el Senado de Vermont aprobó la Ley 269 en mayo de 2018 incluyendo una definición de contrato inteligente muy similar a la utilizada en Arizona⁶⁶. Este trabajo legislativo es de gran relevancia, pues introduce por primera vez la denominación legal de sociedad de responsabilidad limitada basada en cadena de bloques (BLLC, por sus siglas en inglés). La ley permite utilizar la tecnología de la cadena de bloques para gestionar diversos aspectos de gobernanza corporativa, como la administración de los procedimientos de votación⁶⁷. Esta es la primera norma en la que se plantea la instauración —si se sigue el modelo de smart contracts complejos de código abierto que plantea el esquema de The DAO— de un modelo democrático directo, sin la presencia y correspondiente sobrecoste de intermediarios, en la toma de decisiones de la sociedad. Además, la ley también permite que todos aquellos registros digitales existentes en una cadena de bloques tengan la consideración de prueba admisible en juicio, siempre que se acompañe de una declaración jurada de persona autorizada de la fecha y la hora en la que el registro se recibió en la cadena de bloques⁶⁸.

Es posible que la innovación legislativa más destacada que se ha producido hasta el momento en EEUU en el ámbito de los legal smart contract sea la del estado de Delaware. La Senate Bill 69, por la que se modifica la Ley General de Sociedades de Delaware, puede ser considerada como la más relevante tanto por su impacto potencial (en este estado están constituidas más de dos tercios de las compañías del índice Fortune 500) como por sus enormes implicaciones legales⁶⁹.

⁶⁶ Ley 269 del Senado de Vermont VT0269, de 30 de mayo de 2018, para el desarrollo de empresas basadas en blockchain

⁶⁷ Kimpel, S. H. y Adcock, C., “The State of Smart Contract Legislation”, *Hunton Andrews Kurth*, 2018 (disponible en <https://www.blockchainlegalresource.com/2018/09/state-smart-contract-legislation/>; última consulta 12/04/2020).

⁶⁸ Girasa, R., *Regulation of Cryptocurrencies and Blockchain Technologies: National and International Perspectives*, Palgrave Studies in Financial Services Technology, Roma, 2018.

⁶⁹ Ley 69 aprobada por la Asamblea General del Estado de Delaware, de 21 de julio de 2017, por la que se modifica el Título VIII del Código de Comercio del Estado.

La ley, que forma parte de una iniciativa más amplia conocida como la “Blockchain Initiative” que comenzó en 2016, permite a las sociedades privadas constituidas en el estado emitir y realizar un seguimiento de las acciones haciendo uso de un registro distribuido o de la tecnología blockchain⁷⁰. La plataforma digital se convierte así en un espacio de intercambio de instrumentos financieros, que en todo caso tienen la consideración de títulos no garantizados⁷¹. Estas Blockchain *securities* dan derecho al inversor a percibir dividendos o rendimientos periódicos provenientes del emisor, de igual manera que los valores mobiliarios tradicionales de renta variable⁷². Por ello, puede afirmarse que los contratos inteligentes desplegados en la red son empleados con una finalidad jurídica y se convierten en fuente productora de hechos jurídicos. Las transacciones financieras en este supuesto se configuran en gran medida en código y quedan inscritas en el libro-registro distribuido, sin perjuicio de que deba ser posible su conversión (“traducción”) en forma escrita para llevar a cabo acciones legales de reclamación y demanda, tal y como establece la sección 224 de la ley. Todo ello deja atrás la consideración de los contratos inteligentes como medio de autenticación o documentación de acuerdos para aproximarse a una noción de smart contract que es acuerdo por sí mismo, y que podría ser calificado como legal smart contract⁷³.

5.1.2. Reino Unido

Si bien no existe aún en esta jurisdicción regulación con fuerza legal vinculante, debe destacarse la existencia de una declaración jurídica de noviembre de 2019 realizada por expertos en la materia, la UK Jurisdiction Taskforce (UKJT), que cuenta con el apoyo del gobierno británico. Dicha declaración proporciona un alto grado de confianza en que los criptoactivos y los contratos inteligentes tienen una base sólida en ley inglesa, si bien una

⁷⁰ La intención del legislador estadounidense guarda relación con lo pretendido por la Directiva UE 2017/828, de 17 de mayo, sobre fomento de la implicación a largo plazo de los accionistas. En España contamos con un Anteproyecto de Ley, aún en adaptación, para modificar en este sentido la Ley de Sociedades de Capital y otras normas financieras, siendo especialmente relevante el punto “identificación de accionistas”.

⁷¹ Lucking, D., “Delaware Passes Law Permitting Companies to Use Blockchain Technology to Issue and Track Shares” *Allen & Overy*, 2017 (disponible en <https://www.allenoverly.com/en-gb/global/news-and-insights/publications/delaware-passes-law-permitting-companies-to-use-blockchain-technology-to-issue-and-track-shares>; última consulta 12/04/2020).

⁷² Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 207.

⁷³ En línea con lo planteado por el ISO/TC 307 en su documento ISO/TR 23455:2019.

versión definitiva de ley, ya con fuerza vinculante, podría presentar modificaciones relevantes⁷⁴.

El informe *Legal statement on cryptoassets and smart contracts* postula que un contrato inteligente puede llegar a ser capaz de satisfacer los requisitos de la ley inglesa para considerar que de este surge una relación jurídica obligatoria entre las partes interesadas. El grupo de trabajo pasó a examinar si la automaticidad propia de los contratos inteligentes podía implicar un tratamiento legal distinto al de los contratos convencionales, concluyendo que no era así. De esta forma, se reconoció que la automaticidad y la forma en que funciona el código informático debería significar que no hay ninguna necesidad estricta de que una parte prometa el cumplimiento o recurra a la ley para hacer cumplir una promesa de su contraparte: el código simplemente hará lo que ha sido programado para hacer⁷⁵.

En este sentido, no todo smart contract será un legal smart contract, pero en la medida en que se cumplan estos requisitos, debería tener la consideración de acuerdo con fuerza contractual total.

En principio, un contrato inteligente de estas características podrá ser identificado, interpretado y aplicado de acuerdo con los principios jurídicos ingleses ordinarios. Incluso en el supuesto de un contrato inteligente legal íntegramente desarrollado en código y sin soporte papel, se cumplirían los requisitos formales de firma (al utilizar una clave privada que tiene por objeto autenticar un documento) y de forma escrita (si el elemento de código del smart contract se registra en el código fuente).

5.1.3. Australia

En el sistema australiano se plantearon pronto las carencias de los contratos inteligentes como verdaderos contratos, señalando que el código no era lo suficientemente

⁷⁴ McLean, S. y Simpson, M., “UK Statement on Legal Status of Cryptoassets and Smart Contracts”, *Baker McKenzie*, 2019 (disponible en <https://globalcompliance.com/legal-status-of-cryptoassets-and-smart-contracts-20191119/>; última consulta 12/04/2020).

⁷⁵ Boto, K., “The UK Provides Legal Certainty for Smart Contracts And Cryptoassets In Its Landmark Legal Statement”, *Clyde & Co*, 2019 (disponible en <https://www.mondaq.com/uk/Technology/868000/The-UK-Provides-Legal-Certainty-For-Smart-Contracts-And-Cryptoassets-In-Its-Landmark-Legal-Statement>; última consulta 12/04/2020).

“inteligente” como para evitar procedimientos por tergiversación, conductas fraudulentas, codificación negligente o errores de seguridad que pudieran surgir⁷⁶.

Sin embargo, según la doctrina del país, la redacción de la ley de transacciones electrónicas australiana (ETA) de 1999 hace posible el estatus legal de los contratos inteligentes que llevan aparejados transacciones telemáticas. La sección 15C de la citada ley establece que en el supuesto de un contrato formado por un “sistema automatizado de mensajes” y una persona física o por dos sistemas de este tipo, este no será nulo, ineficaz o no ejecutable por el único motivo de que ninguna persona física revisó o intervino en cada una de las acciones individuales llevadas a cabo por los sistemas de mensajes automatizados. La definición jurídica de un sistema automatizado incluye al software y a una eventual redacción en código, de manera que sería posible la contratación mediante el uso de smart contracts sin que la no intervención humana supusiera un motivo para predicar la invalidez, nulidad o inexigibilidad del acuerdo alcanzado⁷⁷.

Siguiendo esta línea de razonamiento, podría sostenerse que, en el caso de cumplir los requisitos de la ETA, un smart contract sería fuente de obligaciones jurídicas. Así, podría predicarse del mismo la misma naturaleza que un acuerdo convencional, operando de la misma manera que las transacciones basadas en papel y lenguaje natural en lugar de lenguaje código o criptográfico.

Cabe destacar también que el gobierno australiano ha decidido adoptar un enfoque no intervencionista con todo lo relacionado con la regulación de la tecnología blockchain. Un ejemplo de ello la iniciativa público-privada de AUSTRAC Fintel Alliance, que busca establecer un sandbox regulatorio para negocios Fintech, entre los que incluye los basados en tecnología de registros distribuidos⁷⁸.

⁷⁶ Bacina, M., “Smart contracts in Australia: just how clever are they?”, *Piper Alderman*, 2017 (disponible en <https://piperalderman.com.au/insight/smart-contracts-in-australia-just-how-clever-are-they/>; última consulta 12/04/2020).

⁷⁷ Madir, J., “Smart Contracts: (How) Do They Fit Under Existing Legal Frameworks?”, *Independent*, 2018 (disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3301463; última consulta 12/04/2020).

⁷⁸ Reeves, P., “Blockchain & Cryptocurrency Regulation 2020”, *Gilbert + Tobin*, 2020 (disponible en <https://www.globallegalinsights.com/practice-areas/blockchain-laws-and-regulations/australia>; última consulta 12/04/2020).

5.2. Regulación y normativa aplicable a nivel europeo

La iniciativa más destacada actualmente en el panorama europeo acerca de una eventual regulación de la tecnología blockchain y de los contratos inteligentes es el Observatorio y Foro de Blockchain de la Unión Europea (EUBOF). Este proyecto impulsado por la Comisión Europea tiene como principales objetivos supervisar las distintas actuaciones en el ámbito de la tecnología de la cadena de bloques en Europa y realizar recomendaciones sobre el papel que la UE podría desempeñar en su regulación⁷⁹.

Frente a una actitud regulatoria y legislativa proactiva en diversas jurisdicciones de Derecho común, la UE mostró en un primer momento una posición neutral, sin buscar una regulación general de los smart contracts. Ante la pluralidad de normas extranjeras que establecían una definición concreta del contrato inteligente y que llegaban a plantear supuestos en los que podía llegar a predicarse su naturaleza legal, las recomendaciones que en 2018 realizaba el observatorio de la UE para un marco regulatorio atractivo pasaban por el estudio caso por caso del contrato inteligente. En lugar de anticipar la necesidad de regulación específica sobre los contratos inteligentes legales, se abogaba por el análisis y consideración de las relaciones *off-chain* para determinar si el smart contract era, por sí mismo, inicio de una relación obligatoria de naturaleza jurídica entre las partes⁸⁰.

Sin embargo, en 2019 el mencionado observatorio publicó un informe analizando el encaje de los smart contracts en el marco regulatorio europeo y planteando cuáles podían ser las principales dificultades en su regulación. La tecnología empleada y la confusión en torno al concepto jurídico de la misma dio lugar a irremediables fricciones en el marco legal de entonces, por lo que los autores del informe reclamaron una definición común de la misma en toda la Unión Europea⁸¹.

⁷⁹ EU Blockchain., “About EU Blockchain”, EU Blockchain Observatory and Forum, 2020 (disponible en <https://www.eublockchainforum.eu/about>; última consulta 12/04/2020).

⁸⁰ Lyons, T., “Legal Recognition of Blockchain & Smart Contracts”, *EU Blockchain Observatory & Forum*, 2018 (disponible en https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/workshop_6_report_-_legal_recognition_of_blockchains.pdf?width=1024&height=800&iframe=true; última consulta 12/04/2020).

⁸¹ Del Rosal, P., “El primer informe europeo sobre los “smart contracts” pide una regulación armonizada”, *Cinco Días*, 17 de octubre de 2019 (disponible en https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/10/17/legal/1571294965_971337.html; última consulta 12/04/2020).

Según este informe, para poder considerar un contrato inteligente legal como un contrato vinculante según normativa europea resulta imprescindible analizar los requisitos de firma. De la misma forma que en una transacción *off-chain*, los contratos inteligentes tienen que tener algún mecanismo para determinar la validez de la firma, si el firmante tiene autoridad para firmar y si la firma se refiere a la persona correcta, lo que implica el acceso a bases de datos societarias o a oráculos⁸². En este aspecto resulta aplicable el Reglamento 910/2014 o Reglamento eIDAS, el cual establece un marco jurídico común europeo para los TSP o servicios de confianza y los medios de identificación electrónica.

Además, el informe del observatorio de blockchain es el primer documento de su tipo que plantea si el lenguaje criptográfico podría ser considerado como un “lenguaje comprensible por ambas partes contratantes”. Si esto fuera así, cabría entonces plantearse si el lenguaje código requeriría una traducción a otros idiomas, en cuyo caso se necesitarían normas específicas para determinar cuándo se produce una traducción legal vinculante de lenguaje código a lenguaje humano⁸³.

5.3. Ejemplos de regulación en Estados miembros de la UE

5.3.1. Italia

Antes de aprobar una definición legal de smart contract, Italia ya contaba con diversas normas relacionadas con el intercambio de criptoactivos y las ICOs (*Initial Coin Offerings*), así como indicaciones de la Agencia Tributaria Italiana sobre la fiscalidad de la tenencia de criptodivisas. Sin embargo, la ausencia de regulación sobre la consideración legal de los contratos inteligentes que hacían posible estas operaciones daba lugar a una grave falta de seguridad jurídica⁸⁴.

Esta cuestión fue resuelta mediante la Propuesta de Modificación del Senado n. 8.0.3. del DDL 889, por la que se incorporan al texto legal las definiciones de tecnologías de registro distribuido y de contrato inteligente. En dicha Propuesta se define contrato inteligente como “un programa informático que opera mediante tecnologías de registro

⁸² Lyons, T., Courcelas, L. y Timsit, K., “Legal and Regulatory Framework of Blockchains and Smart Contracts”, *EU Blockchain Observatory & Forum*, 2019 (disponible en https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_legal_v1.0.pdf; última consulta 12/04/2020).

⁸³ Lyons, T., Courcelas, L. y Timsit, K., (2019), *Op. cit.*

⁸⁴ Cifelli, L., “Italy Legally Defines Blockchain and Smart Contracts: What to Expect?”, *Legal Nodes*, 2019 (disponible en <https://legalnodes.org/blog/Italy-Legally-Defines-Blockchain/>; última consulta 12/04/2020).

distribuido y cuya ejecución vincula automáticamente a dos o más partes sobre la base de efectos predefinidos”. Siempre que se haya producido la identificación electrónica de las partes antes de la ejecución del programa, se entenderá que el código que contiene los efectos de la operación cumple con el requisito de forma escrita del contrato. La relevancia de una definición de estas características es evidente, pues se acepta el lenguaje código como una nueva manera de articular acuerdos entre partes interesadas y se reconoce al contrato inteligente como productor de relaciones jurídicas vinculantes.

Además, la AgID (*Agenzia per l'Italia digitale*) se encuentra actualmente desarrollando una serie de estándares técnicos para las empresas y negocios basados en tecnología blockchain, situando a Italia a la vanguardia de la adopción y regulación de estas nuevas tecnologías.

5.3.2. Estonia

Actualmente existen pocos supuestos de uso internacional de blockchain que supongan una verdadera transformación de la práctica jurídica o la formación de leyes en muchas de las jurisdicciones en las que se está explorando esta tecnología. En este marco global, Estonia destaca por haber alcanzado niveles sin precedentes de infraestructura digital basada en gran medida en el uso de la cadena de bloques⁸⁵.

Así, en 2012 el país báltico se convirtió en el primer Estado del mundo en desplegar la tecnología blockchain, utilizándola como Registro de Sucesión del Ministerio de Justicia⁸⁶.

Actualmente, la adopción de esta tecnología y la aceptación de la contratación a través de smart contracts es una realidad en Estonia. Según su legislación nacional, una firma electrónica “reconocida y cualificada” tiene la misma consideración que cualquier firma manuscrita, timbre o sello físico, por lo que el smart contract se convierte en un método

⁸⁵ Herian, R., “Legal Recognition of Blockchain Registries and Smart Contracts”, *The Open University*, 2018 (disponible en https://www.researchgate.net/publication/329715394_Legal_Recognition_of_Blockchain_Registries_and_Smart_Contracts; última consulta 12/04/2020).

⁸⁶ Martinson, P., “Estonia: the digital republic secured by Blockchain”, *PwC*, 2019 (disponible en <https://www.pwc.com/gx/en/services/legal/tech/assets/estonia-the-digital-republic-secured-by-blockchain.pdf>; última consulta 12/04/2020).

más a disposición de los estonios para efectuar contratación a distancia, con plena eficacia legal⁸⁷.

5.3.3. Alemania

Aunque actualmente no se encuentra en vigor ninguna norma en relación con blockchain en Alemania, cabe destacar un documento publicado por el ministerio de finanzas alemán en 2019 que aprueba una política nacional para abordar la exploración y regulación de la cadena de bloques.

Este documento, “*Blockchain-Strategie der Bundesregierung: wir stellen die Weichen für die Token-Ökonomie*”, anuncia la futura puesta en marcha de un proyecto experimental de identidad digital basada en tecnología de cadena de bloques, con el fin de estudiar sus beneficios en supuestos de uso como el mantenimiento de los registros del estado civil o los documentos nacionales de identidad⁸⁸.

Otra posible área de estudio planteada implicaría el uso de smart contracts en labores de mantenimiento de estándares y certificación, buscando hacer accesible esta tecnología al conjunto de la ciudadanía. En relación con esto cabe destacar que el regulador alemán parte de la base de que el lego en la materia no puede comprender lo que el contrato inteligente implementa técnicamente, por lo que el uso de este tipo de tecnología debería llevar necesariamente aparejada la obligación de proporcionar información al usuario⁸⁹.

Además, el documento incluye novedosas propuestas en el ámbito financiero, como la posibilidad de permitir la existencia de valores y productos financieros exclusivamente en forma digital, incluyendo la DLT y blockchain⁹⁰.

⁸⁷ Martinson, P., (2019), *Op. cit.*

⁸⁸ Baydakova, A., “Germany’s government has passed a new strategy outlining the ways the leading EU state is planning to use blockchains”, Coindesk, 18 de septiembre de 2019 (disponible en <https://www.coindesk.com/germany-passes-national-policy-to-explore-blockchain-but-limit-stablecoins>; última consulta 13/04/2020).

⁸⁹ Baydakova, A., 2019, *Op. cit.*

⁹⁰ Baydakova, A., 2019, *Op. cit.*

5.4. Propuesta de elementos clave para una regulación en España

Como ya se expuso en el apartado anterior, el ordenamiento jurídico español podría, basándose en los artículos 27 y siguientes de la LSSICE, llegar a abarcar al contrato inteligente que tuviera una función pasiva, es decir, aquel smart contract que sirviera exclusivamente como una forma de digitalizar o registrar en la red un contrato previamente existente. En mi opinión, una transición natural hacia la regulación de este fenómeno con una función activa en España sería la incorporación a esta ley de una definición de contrato inteligente. Así, de la misma forma que en la legislación italiana, podría llegar a considerarse el lenguaje código como un lenguaje válido para vincular legalmente a dos o más partes contratantes. En este caso, encontraríamos a nivel legal dos tipos de contratos: el smart contract pasivo, con la validez jurídica correspondiente a una base de datos electrónica, y el legal smart contract o smart contract activo, acuerdo vinculante y productor de obligaciones jurídicas.

Si lo que se buscara fuera una implantación gradual de esta nueva forma de contratación, considero que el marco legal establecido por la Unión Europea en materia de protección de datos dificultaría adoptar un enfoque regulatorio de *“business first, regulation later”* similar al planteado por los principales ordenamientos de Common Law. Una solución a este problema sería la aprobación de un Sandbox regulatorio, en términos similares a los que ya se están planteando para las entidades FinTech.

Sin duda, una de las principales medidas para lograr un mayor volumen de contratación inteligente sería el desarrollo de normas y consideraciones tributarias que aportaran seguridad jurídica en la fiscalidad de las criptodivisas. Además, cabe destacar que, si el legislador español reconociera las criptomonedas como medio de cambio, estas pasarían a ser dinero de curso legal y podrían ser objeto de contratación en supuestos como el préstamo mercantil, lo que en mi opinión estimularía positivamente el tráfico jurídico.

6. POSIBLES APLICACIONES DE LOS CONTRATOS INTELIGENTES LEGALES EN EL SISTEMA FINANCIERO

La tecnología Blockchain se ha convertido sin duda en un asunto de gran popularidad entre la doctrina especializada, tanto por su claro potencial a nivel legal y económico como por sus múltiples aplicaciones a una gran variedad de industrias. Si bien por razones de extensión no es posible abarcarlas todas aquí, puede resultar interesante analizar en este apartado del presente trabajo algunos de los principales usos que el concepto planteado de legal smart contract podría llegar a tener.

En este sentido, debe tenerse presente que, como se exponía en los capítulos iniciales de este trabajo de fin de grado, la primera aplicación práctica de la cadena de bloques fue Bitcoin, que permitía transacciones verificadas sin necesidad de intermediarios y creó una “moneda” sin el respaldo de ningún banco central. Teniendo en cuenta el nivel de madurez y desarrollo actual de la tecnología financiera o *Fintech*, cabe considerar que las aplicaciones de blockchain con mayores posibilidades de ser implantadas y estandarizadas a medio plazo son aquellas que afectan al ámbito de la financiación y la inversión y, por tanto, al sector económico-financiero. En dicho sector encontramos dos corrientes mayoritarias de aplicación: las que podrían modificar el funcionamiento de los mercados de valores tal y como los conocemos y las que afectan directamente a la práctica bancaria y financiera tradicional. Por ello, en el siguiente apartado se profundizará sobre estas cuestiones, sin comentar otras posibles aplicaciones que, aunque revolucionarias y con gran impacto en el estudio legal de los smart contracts, no gozan aún de una implantación sectorial tangible.

6.1. Contratación inteligente en los mercados de valores

Como ya se intuye siguiendo la explicación de apartados anteriores, la tecnología de la cadena de bloques supone una revolución en cualquier ámbito de actividad que requiera registrar datos de forma segura y transparente. Esta posibilidad de lograr un nuevo nivel de eficiencia y seguridad en el tratamiento de datos y transacciones resulta muy atractiva a una pluralidad de sectores, lo que explica que las expectativas de inversión para 2021 en blockchain superen los 9.000 millones de dólares⁹¹.

Las aplicaciones prácticas desarrolladas hasta el momento en el ámbito de los servicios financieros se han limitado en gran medida al pago y al intercambio de activos⁹². Sin embargo, a medida que cada vez más empresas deciden seguir esta tendencia innovadora y desarrollan nuevos sistemas basados en la cadena de bloques, surgen usos más amplios para blockchain.

Así, cabe comenzar este apartado destacando que ya en 2013 comenzaron a producirse en el mercado europeo una serie de emisiones de productos de inversión que tenían criptodivisas como activos subyacentes. La Autoridad Europea de los Mercados de Valores (ESMA) observó en esta actividad —por entonces marginal, de escasa aceptación y de ámbito muy reducido— un creciente interés en la tecnología que sustentaba este tipo de transacciones⁹³.

Esta situación hizo que las consideraciones jurídicas acerca de la posible implantación de esta tecnología en el mercado de valores surgieran por primera vez en junio de 2016, cuando la autoridad europea presentó una consulta sobre la aplicación de DLT a los mercados de valores. Este documento de debate iba dirigido principalmente a diversas entidades financieras como Entidades de Contrapartida Central o Depositarios Centrales

⁹¹ Iglesias Fraga, A., “Cinco usos del blockchain más allá del bitcoin”, *TICbeat*, 14 de octubre de 2019 (disponible en <https://www.ticbeat.com/innovacion/cinco-usos-del-blockchain-mas-alla-del-bitcoin/>; última consulta 12/04/2020).

⁹² OECD., “The potential for blockchain technology in public equity markets in Asia”, *OECD Equity Market Review of Asia*. 2018. (disponible en <http://www.oecd.org/corporate/The-Potential-for-Blockchain-in-Public-Equity-Markets-in-Asia.pdf>; última consulta 12/04/2020).

⁹³ ESMA., “Discussion paper on the distributed ledger technology applied to securities markets”, *ESMA/2016/773*, 2016 (disponible en <https://www.esma.europa.eu/document/discussion-paper-distributed-ledger-technology-applied-securities-markets>; última consulta 12/04/2020).

de Valores, que podían estar interesados en la implantación de la tecnología y en discutir sus riesgos, beneficios y encaje en la normativa europea vigente en ese momento⁹⁴.

Desde la óptica del ordenamiento jurídico español, esta es una cuestión de enorme potencial jurídico-práctico. El artículo 1 del Real Decreto Legislativo 4/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Mercado de Valores (LMV), precisa que en el mercado de valores o de capitales tienen lugar procesos de inversión colectiva, y que además dichos procesos tienen lugar en un contexto de tráfico financiero generalizado e impersonal. Esto puede conectar fácilmente con el propio funcionamiento técnico de los registros distribuidos, pues estos componen un espacio colaborativo y compartido que resulta apto para la contratación masiva e impersonal⁹⁵.

Cabe por tanto considerar que las actuales inversiones bursátiles u operaciones de mercado secundario podrían producirse de manera internodal, operando en una red de registro distribuido. El espacio digital de la blockchain se convertiría así en un espacio de contratación privada al modo OTC⁹⁶ (*over the counter*), en el que los valores serían negociados a través de una red bróker-dealer en lugar de en una Bolsa centralizada. Si además este espacio digital pudiera funcionar como espacio bursátil, en el que se negociara de forma organizada, la cadena de bloques dejaría el ámbito OTC para convertirse en un espacio organizado de contratación. Lo mismo podría predicarse de la utilización de la tecnología blockchain en operaciones del mercado primario. Así, una *Initial Coin Offering* o ICO debería tratarse a nivel jurídico, por analogía, de la misma forma que una oferta pública de suscripción.

Como ya se adelantaba con la propuesta de noción legal de contrato inteligente, es posible, a la luz de lo planteado por la Ley Modelo de CNUDMI sobre contratación electrónica, concebir blockchain como un espacio de contratación digital. En él, es posible la transmisión de derechos de contenido patrimonial de una manera organizada, homogénea y estandarizada. Sin embargo, cabe precisar que el hecho de realizar procesos de contratación masiva e impersonal siguiendo estas tres pautas no convierte a la contratación que se de en este espacio en “oficial”. Esta connotación solamente puede

⁹⁴ CNMV., “Documento de debate de ESMA sobre la tecnología de libro descentralizado”, *Notas Informativas CNMV*, 2016 (disponible en <https://www.cnmv.es/DocPortal/DocFaseConsulta/CESR/DPdltdef.pdf>; última consulta 12/04/2020).

⁹⁵ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 196.

⁹⁶ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 196.

otorgarse mediante autorización administrativa estatal o autonómica, siguiendo lo establecido por el párrafo segundo del artículo 43 de la LMV. En este sentido, una blockchain desarrollada para registrar operaciones bursátiles tendría la consideración en Derecho español, atendiendo a su elevado grado de estandarización de procesos, de mercado organizado no oficial.

6.1.1. Posibles beneficios de la contratación inteligente en el mercado de valores

1.- Transparencia de datos en tiempo real

Al producirse la ejecución de una operación en el mercado bursátil, se inicia un proceso conocido como validación, en el que se emite una confirmación de la operación, se reporta a las autoridades regulatorias competentes y se selecciona al custodio que va a mantener los valores hasta que se produzca la compensación⁹⁷. En dicho proceso, al manejarse bases de datos distintas, es necesario realizar labores de cruzado (*data enrichment*) para confirmar y alinear los datos comerciales utilizados en la liquidación y en la compensación de posiciones. La implantación de un sistema de contratación inteligente basado en blockchain implicaría la transparencia de datos a tiempo real, lo que permitiría prescindir de este trámite de verificación y aumentar considerablemente la eficiencia de los procesos de mercado. Las partes contratantes podrían revelar selectivamente datos fiables a otra contraparte antes del momento de la transacción para tener mayor certeza de su propia valía, reduciendo así el riesgo o la exposición al crédito. Además, una vez registrados en una cadena de bloques, los activos que no suelen ser objeto de negociación, como las facturas, podrían considerarse más fácilmente como fuentes fiables de valor para utilizarlos como garantía⁹⁸.

⁹⁷ Imarticus Learning., “Everything you need to know about trade validation and enrichment in trade life cycle”, 2019 (disponible en <https://blog.imarticus.org/everything-you-need-to-know-about-trade-validation-and-enrichment-in-trade-life-cycle-capital-market-blog/>; última consulta 12/04/2020).

⁹⁸ Shepherd, B. y Van de Velde, J., “Blockchain in capital markets: the prize and the journey”, *Artículo de Euroclear en colaboración con Oliver Wyman*, 2016 (disponible en <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliver-wyman/global/en/2016/feb/BlockChain-In-Capital-Markets.pdf>; última consulta 12/04/2020).

2.- Mayor eficiencia en la compensación y liquidación de valores

Según una encuesta realizada por la consultora tecnológica L&T Tech Services en 2018, el posible uso de la tecnología de cadena de bloques de mayor prioridad en el ámbito del mercado de valores es el de la mejora de los sistemas de compensación y liquidación⁹⁹. Actualmente, la mayoría de productos negociados en el mercado de valores funcionan con un esquema de liquidación T+2, esto es, la liquidación de los valores se produce dos días después de haberse realizado la operación. En algunos supuestos se ha conseguido alcanzar un tiempo reducido de T+1, como es el caso de los bonos gubernamentales estadounidenses¹⁰⁰. Blockchain permitiría continuar con la tendencia generalizada hacia la reducción de tiempos sin crear vulnerabilidades cibernéticas¹⁰¹, llegando a alcanzar settlements de T+0 o, al menos, liquidaciones intradía siguiendo una estructura “payment vs payment” o PvP, mecanismo que garantiza que la transferencia definitiva de un pago se produzca si se produce la transferencia definitiva de otro pago en una divisa distinta. Esto es algo perfectamente posible haciendo uso de smart contracts, pues solamente sería necesario alcanzar un acuerdo en la red de bloques para que esta se actualizara y registrase la operación. Así, no resultarían necesarios los custodios ni los agentes de confirmación post-operación, pues la propia cadena registraría de manera cierta e indeleble la transferencia de propiedad del activo financiero en cuestión.

3.- Disminución del riesgo de liquidación

El análisis del riesgo resulta especialmente pertinente en una época como la nuestra en la que vivimos un elevado nivel de incertidumbre de mercado, con precios y volúmenes altamente volátiles, en ocasiones afectados por las nuevas tecnologías, como el tristemente célebre trading de alta frecuencia. Más allá de la eficiencia y la reducción de los costes, existe una variable fundamental que está empujando al mercado de valores hacia tiempos de compensación y liquidación cada vez más reducidos, y esta variable no

⁹⁹ Bhattacharyya, D., “How Blockchain is Transforming Capital Market”, *L&T Tech*, 2018 (disponible en <https://www.lntinfotech.com/wp-content/uploads/2018/05/How-Blockchain-is-Transforming-Capital-Market.pdf>; última consulta 12/04/2020).

¹⁰⁰ Kos, D., “Addressing liquidity challenges in T+2 securities settlement”, *Fintech Futures Newsletter*, 2018 (disponible en <https://www.fintechfutures.com/2018/03/addressing-liquidity-challenges-in-t2-securities-settlement/>; última consulta 12/04/2020).

¹⁰¹ Si con la tecnología actual se estableciera una estandarización de procesos y se reforzaran las labores de documentación contractual, sería posible alcanzar esquemas de T+0 sin necesidad de Blockchain, pero el nivel de seguridad informática sería mucho menor.

es otra que el llamado riesgo de liquidación. Este puede definirse como el riesgo de que una operación no se produzca como se esperaba, bien porque se produce un incumplimiento de las obligaciones de compensación de una de las partes, bien porque una contraparte no liquide por su valor total en la fecha de vencimiento, lo que implica que la parte que no recibió el pago previsto deba financiar el déficit a corto plazo ¹⁰².

Cuanto mayor sea el periodo de tiempo necesario para la liquidación de valores, mayor será el riesgo de incurrir en pérdidas o de ser incapaz de liberar fondos para la transacción. Por lo tanto, la implantación de una tecnología como Blockchain capaz de reducir de forma segura estos periodos de tiempo contribuiría a una reducción considerable de los riesgos de crédito y de liquidez presentes en la operativa del mercado de valores.

6.2. Legal Smart Contracts en el sector financiero y bancario

Uno de los principales factores que han influido en el creciente interés del sector bancario por una potencial implantación de la tecnología de cadena de bloques es la delicada situación competitiva que ha venido atravesando el ámbito financiero en los últimos años. La irrupción en el sector bancario español del fenómeno Fintech ha supuesto una disrupción del modelo de negocio tradicional de las instituciones financieras.

Los nuevos modelos de actividad planteados por las empresas Fintech se basan en la incorporación de tecnologías emergentes para innovar en el servicio al cliente bancario, lo que constituye la base de esta disrupción ¹⁰³. Con una flexibilidad muy superior a la propuesta de valor de los bancos tradicionales, las empresas Fintech se presentan, con una creciente popularidad, como una alternativa al servicio de los bancos. Además de observar un mayor número de competidores en el ámbito de los servicios financieros, el nuevo modelo de negocio de las Fintech maneja una estructura de costes muy distinta a la de la banca tradicional, lo que ha llevado al mercado hacia una situación de márgenes muy reducidos. Esto, unido a un entorno global de tipos de interés bajos, ha supuesto una disminución generalizada de los resultados de negocio en el sector.

¹⁰² IFCI Risk Institute., “Overview: Settlement Risk”, *IFCI*, 2000 (disponible en <http://ifci.ch/134710.htm>; última consulta 12/04/2020).

¹⁰³ Barrio Tomás, M. A., “La “re-evolución” Fintech y sus desafíos”, *Instituto de Estudios Bursátiles*, 2019 (disponible en <https://www.ieb.es/la-re-evolucion-fintech-y-sus-desafios/>; última consulta 12/04/2020).

Ante esta situación, los bancos, viendo peligrar tanto su rentabilidad como su cuota de mercado, han desarrollado múltiples estrategias para evitarlo, como la diversificación y entrada en nuevos mercados o la creación de bancos digitales propios¹⁰⁴. Aquí es donde entra en juego, desde un punto de vista tanto legal como estratégico, blockchain: si bien Internet ha funcionado hasta el momento a través de protocolos basados en la transmisión de información, la adopción de la tecnología de registro distribuido permite situar el foco en la transmisión de valor, a través de la contratación inteligente¹⁰⁵. Los legal smart contracts encuentran así una pluralidad de funciones a desempeñar integrados en una cadena de bloques para prestar servicios bancarios.

La ralentización en los procesos de implementación bancaria de los contratos inteligentes se ha debido, además del acoplamiento al fenómeno Fintech, a la necesidad de adaptación a los segmentos de clientes de edad avanzada, pero su definitiva incorporación es para muchos irreversible, lo que exige un esfuerzo legislativo para aportar seguridad jurídica a esta nueva situación de la práctica bancaria¹⁰⁶.

En este sentido, cabe mencionar que estas posibles aplicaciones deberían ajustarse, en su caso, a la extensa normativa aplicable a la contratación financiera y bancaria, como la Directiva de la UE 2015/2366 de Servicios de Pago (DSP2), el Reglamento General de Protección de Datos y, por supuesto, las Directivas sobre Mercados de Instrumentos Financieros (MiFID I y II).

6.2.1. Posibles beneficios de la contratación inteligente en el sector financiero

1.- Mayor eficiencia en las prácticas de prevención de blanqueo de capitales

Debe tenerse en cuenta que la transformación digital de los servicios bancarios planteada en este apartado no puede darse en el seno de una red pública no autorizada, ya que los procedimientos necesarios en materia de KYC (*Know your client*) y Prevención de

¹⁰⁴ Ferreiro, S., “Convivencia entre Fintech y Banca”, *Inversión y Mercados, European Financial Planning Association*, 2019 (disponible en <https://blog.efpa.es/opinion-financiera/inversion-y-mercados/convivencia-entre-fintech-y-banca/>; última consulta 12/04/2020).

¹⁰⁵ Jaureguizar, M., “Tecnología blockchain: Impacto económico y financiero (Parte II)”, *Revista de Análisis Financiero*, IEAF. 2017. (disponible en <https:// analisisfinanciero.ieaf.es/publicaciones-la-revista-analisis-financiero-4/la-innovacion-tecnologica-y-financiera/105-tecnologia-blockchain-impacto-economico-y-financiero-segunda-parte/>; última consulta 12/04/2020).

¹⁰⁶ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 164.

Blanqueo de Capitales imposibilitan otro tipo de estructura que no sea la autorizada¹⁰⁷. La tecnología de la cadena de bloques puede agilizar los procedimientos de vigilancia y *due diligence* de clientes “mutualizando” la información de las transacciones financieras a través de un registro distribuido común. Esto supondría de manera adicional un ahorro significativo en los costes que sufre la industria financiera —estimados por Goldman Sachs en unos 10.000 millones de dólares anuales— en la supervisión de transacciones y en la incorporación de carteras de nuevos clientes¹⁰⁸, pues actualmente es cada entidad quien realiza de manera individual la labor de control de la procedencia de los fondos y de monitorización de actividades de clientes.

2.- Reducción de los costes en la contratación bancaria

Además de la reducción de la complejidad de los procedimientos de liquidación y compensación posteriores a la ejecución —con un impacto positivo comparable al ya planteado en el mercado de valores— un elemento clave en la potencial reducción de costes en la contratación bancaria es la eliminación de la duplicidad, tanto de actividades como de registros de información. La implantación de un sistema de registro distribuido en la práctica bancaria permitiría automatizar el procedimiento actual de aquellos contratos que poseen múltiples líneas de pago, y que requieren actualmente de un proceso casi totalmente manual¹⁰⁹. Teniendo en cuenta que la mayor parte de los activos financieros negociados en el sector bancario ya existen exclusivamente en forma electrónica, es posible concebir la implantación de una nueva forma de negociación a través de contratos inteligentes. La contratación de servicios financieros podría también plantearse en estos términos, pues la práctica totalidad de los servicios ofertados en el panorama bancario actual pueden reconducirse a un entorno de negociación directa en la DLT¹¹⁰.

¹⁰⁷ Morgan Stanley Research., “Global Insight: Blockchain in Banking: disruptive Threat or Tool?”, *Morgan Stanley Global Insight*, 2016 (disponible en http://linkback.morganstanley.com/web/sendlink/webapp/f/7ts1o97g-3pg7-g000-a67d-005056012000?store=0&d=UwBSZXNIYXJjaF9NUwBhMWJjY2VIYy1mNWMYLTExZTUtYmQyZS1hYmRhODUzZjA3NTI%3D&user=ldxp64j6odko-48&__gda__=1587331995_9d54f6d26fbc407c41db59cd77468e8e; última consulta 12/04/2020).

¹⁰⁸ Schneider, J., Blostein, A., Lee, B., Kent, S., Groer, I. y Beardsley, E., “Blockchain: Putting Theory into Practice”, *Goldman Sachs Equity Research*, 2016 (disponible en <https://miethereum.com/wp-content/uploads/2017/11/E.-Goldman-Sachs-report-Blockchain-Putting-Theory-into-Practice.pdf>; última consulta 12/04/2020).

¹⁰⁹ Brennan, C. y Lunn, W., “Blockchain: The Trust disrupter”, *Credit Suisse Equity Research Connections Series*, 2017 (disponible en <https://miethereum.com/wp-content/uploads/2017/11/F.-Credit-Suisse-Blockchain-Trust-Disrupter.pdf>; última consulta 12/04/2020).

¹¹⁰ Ibáñez Jiménez, J. W., (2018a), *Op. cit.*, p. 170.

3.- Evolución del sistema actual de transacciones monetarias electrónicas

El uso de las criptomonedas permitiría realizar estas transacciones independientemente del lugar físico en el que nos encontremos, sin necesidad de entidades bancarias actuando como intermediarios y con la única necesidad de una conexión a internet¹¹¹. La implantación de la tecnología de bloques y el uso de smart contracts como mecanismo de registro de transferencias bancarias en la DLT podría suponer una evolución del sistema actual, dominado por las transacciones en línea utilizando tarjetas de crédito.

¹¹¹ Boar, A., “Efectos de la tecnología Blockchain en el sector financiero y empresarial”, *Revista de Contabilidad y Dirección*, vol. 27, 33-45. Universidad Pompeu Fabra, 2018 (disponible en https://ec.economistas.es/wp-content/uploads/sites/5/2019/10/Efectos_de_la_tecnolog%C3%ADa_blockchain_en_el_sector_financiero_y_empresarial_A_Boarlogo_-13_09_2019.pdf; última consulta 12/04/2020).

7. CONCLUSIONES

Esta sección tiene como principal objetivo recoger las distintas propuestas del autor en relación con la posible naturaleza jurídica de los smart contracts, poniendo de manifiesto las limitaciones encontradas en su elaboración y proponiendo futuras líneas de investigación.

La principal limitación a la hora de proponer un tratamiento legal concreto de los contratos inteligentes ha sido, sin duda, el carácter novedoso de la figura y las aún reducidas iniciativas del legislador por abordar la cuestión. Sin embargo, considero que el creciente número de jurisdicciones que comienzan a estudiar su implantación, junto con el alto nivel de estandarización alcanzado hasta el momento y las múltiples aplicaciones industriales existentes de esta tecnología hacen muy probable que el ritmo de regulación jurídica aumente en los próximos años.

Como se ha ido desarrollando en apartados anteriores, considero que ciertos contratos inteligentes cumplen con los requisitos establecidos por nuestro ordenamiento jurídico para ser considerados verdaderos contratos en Derecho español.

Tras proponer una noción de legal smart contract partiendo de la teoría general del contrato, puede concluirse que este tipo específico de contrato inteligente no es un mero programa informático y llega incluso más allá de lo desarrollado en materia de contratación electrónica para dar lugar a una nueva disciplina jurídica. Así lo sugiere la doctrina que distingue entre smart contracts de código y smart contracts como fuentes de obligaciones jurídicas, a la que nos adherimos en el presente trabajo. La concepción de un contrato inteligente como verdadero contrato en el sentido jurídico-privado de la expresión pone de manifiesto la necesidad de estudiar nuevas formas legales de contratación, que pueden llegar a utilizar lenguajes desconocidos hasta el momento en la práctica jurídica, como el código informático.

Por último, cabe mencionar que una posible línea de investigación a abordar en futuros trabajos podría ser el impacto concreto que la implantación de la tecnología de la cadena de bloques tendría en la profesión de la abogacía. Este es un asunto que presenta múltiples aristas a estudiar, que por razones de extensión no han podido ser abordadas en el presente trabajo, como las aplicaciones de blockchain en el ámbito procesal español, las nuevas formas de contratación y el asesoramiento legal haciendo uso de herramientas basadas en blockchain.

8. BIBLIOGRAFÍA

8.1. Legislación

Ley 269 del Senado de Vermont VT0269, de 30 de mayo de 2018, para el desarrollo de empresas basadas en blockchain.

Ley HB2417 del Estado de Arizona, de 2017, por la que se modifica la normativa societaria del Estado.

Ley 69 aprobada por la Asamblea General del Estado de Delaware, de 21 de julio de 2017, por la que se modifica el Título VIII del Código de Comercio del Estado.

Ley Federal Australiana 162/1999, sobre Transacciones Electrónicas (ETA).

Propuesta de Modificación del Senado Italiano n. 8.0.3. del Disegno di Legge 889.

Resolución 51/162 de la Asamblea General de las Naciones Unidas, de 16 de diciembre de 1996, por la que se aprueba la Ley Modelo de CNUDMI sobre Comercio Electrónico.

Directiva UE 2015/2366, de 25 de noviembre, sobre Servicios de Pago en el mercado interior.

Directiva UE 2017/828, de 17 de mayo, sobre Fomento de la Implicación a Largo Plazo de los Accionistas.

Directiva UE 2014/65, de 15 de mayo, sobre Mercados de Instrumentos Financieros.

Directiva UE 2004/39, de 21 de abril, sobre Mercados de Instrumentos Financieros.

Reglamento UE 2016/679, de 27 de abril, relativo a la protección de datos.

Reglamento UE 2014/910, de 23 de junio, relativo a la Identificación Electrónica y los Servicios de Confianza para las Transacciones Electrónicas en el mercado interior.

Ley 34/2002, de 11 de julio, de servicios de la sociedad de información y de comercio electrónico.

Real Decreto Legislativo 4/2015, de 23 de octubre, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley del Mercado de Valores.

Real Decreto Legislativo 1/2010, de 2 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Sociedades de Capital.

Texto Consolidado del Real Decreto de 24 de julio de 1889, por el que se publica el Código Civil.

Texto Consolidado del Real Decreto de 22 de agosto de 1885 por el que se aprueba el Código de Comercio.

8.2.Obras doctrinales

8.2.1. Manuales científicos

Ibáñez Jiménez, J. W., *Derecho de Blockchain y de la tecnología de registros distribuidos*, Aranzadi, Pamplona, 2018 (a).

Ibáñez Jiménez, J. W., *Blockchain: primeras cuestiones en el ordenamiento español*, Dykinson, Madrid, 2018 (b).

Santos Morón, M. J., “La forma de los contratos en el Código Civil”, *BOE*. Madrid, 1996 (disponible en <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/21122>; última consulta 12/04/2020).

Castán Tobeñás, J., *Derecho civil español, común y foral, Tomo III*, Editorial Reus, Madrid, 2008.

Díez-Picazo, L. y Gullón, A., *Sistema de Derecho Civil: El contrato en general. La relación obligatoria, Volumen II, Tomo I*, Tecnos, Madrid, 2017.

8.2.2. Artículos doctrinales

Nakamoto, S. “Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System”, 2008 (disponible en <https://bitcoin.org/bitcoin.pdf>; última consulta 12/04/2020).

Szabo, N., “Smart Contracts: Building Blocks for Digital Markets”, 1996 (disponible en http://www.fon.hum.uva.nl/rob/Courses/InformationInSpeech/CDROM/Literature/LOT_winterschool2006/szabo.best.vwh.net/smart_contracts_2.html; última consulta 12/04/2020).

Feliu Rey, J., “Smart Contract: concepto, ecosistema y principales cuestiones de Derecho privado”, *La Ley Mercantil*, nº 47, 2018.

Chia, T., “Confidentiality, Integrity, Availability: The three components of the CIA Triad”, *StackExchange*, 2012 (disponible en

<https://security.blogoverflow.com/2012/08/confidentiality-integrity-availability-the-three-components-of-the-cia-triad/>; última consulta 12/04/2020).

Rouse, M., “Confidentiality, Integrity, and Availability (CIA triad)”. *Techtarget Network*. 2018 (disponible en <https://whatis.techtarget.com/definition/Confidentiality-integrity-and-availability-CIA>; última consulta 12/04/2020).

Gendal, R., “On Distributed Databases and Distributed Ledgers”. 2016 (disponible en <https://gendal.me/2016/11/08/on-distributed-databases-and-distributed-ledgers/>; última consulta 12/04/2020).

Chen, S., Pomonarev, A. y Falamaki, S., “Risks and opportunities for systems using blockchain and smart contracts”, *The Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation*. Informe Técnico EP175103, 2017 (disponible en https://www.researchgate.net/publication/320619389_Risks_and_opportunities_for_systems_using_blockchain_and_smart_contracts; última consulta 12/04/2020).

Alharby, M. y Van Moorsel, A., “Blockchain-Based Smart Contracts: A Systematic Mapping Study”. *Fourth International Conference on Computer Science and Information Technology*, CSIT, 2017 (disponible en <https://arxiv.org/abs/1710.06372>; última consulta 12/04/2020).

Murphy, S. y Smith, R., “Can Smart Contracts Be Legally Binding Contracts?”, *Norton Rose Fulbright*, 2016 (disponible en www.nortonrosefulbright.com/knowledge/publications/144559/can-smart-contracts-be-legally-binding-contracts; última consulta 12/04/2020).

Ebrahimi, T., “Standardization activities in Blockchain and Distributed Ledger Technologies”, *JPEG*, 2018 (disponible en https://www.wto.org/english/res_e/reser_e/session_3_1_touradj_ebrahimi.pdf; última consulta 12/04/2020).

Fernández Espinosa, L., “BBVA joins INATBA, the international blockchain alliance promoted by the EC”, *BBVA*, 2019 (disponible en <https://www.bbva.com/en/bbva-joins-inatba-the-international-blockchain-alliance-promoted-by-the-ec/>; última consulta 12/04/2020).

Barrio, M., “Es preciso disponer de un Ministerio de lo Digital”, *Entrevista Lefebvre*, 2018 (disponible en <https://elderecho.com/mois-es-barrio-preciso-disponer-ministerio-lo-digital>; última consulta 12/04/2020).

Levy, K., “Book-Smart, Not Street-Smart: Blockchain-Based Smart Contracts and The Social Workings of Law”, *ESTS Journal*, 2017 (disponible en <https://estsjournal.org/article/view/107>; última consulta 12/04/2020).

Raskin, M., “The Law and Legality of Smart Contracts”, *Georgetown Law Technology Review* 304. New York University School of Law, 2017 (disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2959166; última consulta 12/04/2020).

Savelyev, A. “Contract law 2.0: ‘Smart’ contracts as the beginning of the end of classic contract law”, *Higher School of Economics Research Paper No. WP BRP 71/LAW*, 2016 (disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2885241; última consulta 12/04/2020).

Hernández Díaz, J. L., “Decodificando el Smart Contract: Naturaleza Jurídica y Problemas de Uso”, *Universidad Externado de Colombia*, 2018 (disponible en https://www.researchgate.net/publication/328661229_Decodificando_el_Smart-Contract_Naturaleza_Juridica_y_Problemas_de_uso; última consulta 12/04/2020).

Agustinoy, A., y Ortega, A., “Smart contracts: principales cuestiones legales”, Cuatrecasas Gonçalves Pereira Webinars, 2016 (disponible en <https://www.youtube.com/watch?v=cMW0HII0DxU>; última consulta 12/04/2020).

Barreau, C., “La régulation des smart contracts et les smart contracts des régulateurs”, *Université de Rennes*, 2017 (disponible en <http://www.annales.org/site/ri/2017/ri-aout-2017/RI-AOUT-2017--Article-BARREAU.pdf>; última consulta 12/04/2020).

Dell’Erba, M., “Demystifying Technology. Do Smart Contracts Require a new legal framework? Regulatory fragmentation, self-regulation, public regulation”, *Forthcoming University of Pennsylvania Journal of Law & Public Affairs*, 2018 (disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3228445; última consulta 12/04/2020).

Kimpel, S. H. y Adcock, C., “The State of Smart Contract Legislation”, *Hunton Andrews Kurth*, 2018 (disponible en <https://www.blockchainlegalresource.com/2018/09/state-smart-contract-legislation/>; última consulta 12/04/2020).

Girasa, R., *Regulation of Cryptocurrencies and Blockchain Technologies: National and International Perspectives*, Palgrave Studies in Financial Services Technology, Roma, 2018.

Lucking, D., “Delaware Passes Law Permitting Companies to Use Blockchain Technology to Issue and Track Shares” *Allen & Overy*. 2017. (disponible en <https://www.allenoverly.com/en-gb/global/news-and-insights/publications/delaware-passes-law-permitting-companies-to-use-blockchain-technology-to-issue-and-track-shares>; última consulta 12/04/2020).

McLean, S. y Simpson, M., “UK Statement on Legal Status of Cryptoassets and Smart Contracts”, *Baker McKenzie*, 2019 (disponible en <https://www.bakermckenzie.com/en/insight/publications/2019/11/legal-status-of-cryptoassets-and-smart-contracts>; última consulta 12/04/2020).

Narayanan, A., Bonneau, J., Felten, E., Miller, A. y Goldfeder, S., “Bitcoin and Cryptocurrency Technologies”, *Princeton University*, 2016 (disponible en https://www.lopp.net/pdf/princeton_bitcoin_book.pdf; última consulta 12/04/2020).

Boto, K., “The UK Provides Legal Certainty For Smart Contracts And Cryptoassets In Its Landmark Legal Statement”, *Clyde & Co*, 2019 (disponible en <https://www.mondaq.com/uk/Technology/868000/The-UK-Provides-Legal-Certainty-For-Smart-Contracts-And-Cryptoassets-In-Its-Landmark-Legal-Statement>; última consulta 12/04/2020).

Bacina, M., “Smart contracts in Australia: just how clever are they?”, *Piper Alderman*, 2017 (disponible en <https://piperalderman.com.au/insight/smart-contracts-in-australia-just-how-clever-are-they/>; última consulta 12/04/2020).

Madir, J., “Smart Contracts: (How) Do They Fit Under Existing Legal Frameworks?”, *Independent*, 2018 (disponible en https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3301463; última consulta 12/04/2020).

Reeves, P., “Blockchain & Cryptocurrency Regulation 2020”, *Gilbert + Tobin*, 2020 (disponible en <https://www.globallegalinsights.com/practice-areas/blockchain-laws-and-regulations/australia>; última consulta 12/04/2020).

Herian, R., “Legal Recognition of Blockchain Registries and Smart Contracts”, *The Open University*, 2018 (disponible en https://www.researchgate.net/publication/329715394_Legal_Recognition_of_Blockchain_Registries_and_Smart_Contracts; última consulta 12/04/2020).

Martinson, P., “Estonia: the digital republic secured by Blockchain”, *PwC*, 2019 (disponible en <https://www.pwc.com/gx/en/services/legal/tech/assets/estonia-the-digital-republic-secured-by-blockchain.pdf>; última consulta 12/04/2020).

Imarticus Learning., “Everything you need to know about trade validation and enrichment in trade life cycle”, 2019 (disponible en <https://blog.imarticus.org/everything-you-need-to-know-about-trade-validation-and-enrichment-in-trade-life-cycle-capital-market-blog/>; última consulta 12/04/2020).

Shepherd, B. y Van de Velde, J., “Blockchain in capital markets: the prize and the journey”, *Artículo de Euroclear en colaboración con Oliver Wyman*, 2016 (disponible en <https://www.oliverwyman.com/content/dam/oliverwyman/global/en/2016/feb/BlockChain-In-Capital-Markets.pdf>; última consulta 12/04/2020).

Bhattacharyya, D., “How Blockchain is Transforming Capital Market”, *L&T Tech*, 2018. (disponible en <https://www.lntinfotech.com/wp-content/uploads/2018/05/How-Blockchain-is-Transforming-Capital-Market.pdf>; última consulta 12/04/2020).

Barrio Tomás, M. A., “La “re-evolución” Fintech y sus desafíos”, *Instituto de Estudios Bursátiles*, 2019 (disponible en <https://www.ieb.es/la-re-evolucion-fintech-y-sus-desafios/>; última consulta 12/04/2020).

Ferreiro, S., “Convivencia entre Fintech y Banca”, *Inversión y Mercados, European Financial Planning Association*, 2019 (disponible en <https://blog.efpa.es/opinion-financiera/inversion-y-mercados/convivencia-entre-fintech-y-banca/>; última consulta 12/04/2020).

Jaureguizar, M., “Tecnología blockchain: Impacto económico y financiero (Parte II)”, *Revista de Análisis Financiero, IEAF*, 2017 (disponible en <https:// analisisfinanciero.ieaf.es/publicaciones-la-revista-analisis-financiero-4/la->

innovacion-tecnologica-y-financiera/105-tecnologia-blockchain-impacto-economico-y-financiero-segunda-parte; última consulta 12/04/2020).

Morgan Stanley Research., “Global Insight: Blockchain in Banking: disruptive Threat or Tool?”, *Morgan Stanley Global Insight*, 2016 (disponible en http://linkback.morganstanley.com/web/sendlink/webapp/f/7ts1o97g-3pg7-g000-a67d-005056012000?store=0&d=UwBSZXNIYXJjaF9NUwBhMWJjY2VIYy1mNWMYLTExZTUtYmQyZS1hYmRhODUzZjA3NTI%3D&user=ldxp64j6odko-48&__gda__=1587331995_9d54f6d26fbc407c41db59cd77468e8e; última consulta 12/04/2020).

Brennan, C. y Lunn, W., “Blockchain: The Trust disrupter”, *Credit Suisse Equity Research Connections Series*, 2017 (disponible en <https://miethereum.com/wp-content/uploads/2017/11/F.-Credit-Suisse-Blockchain-Trust-Disrupter.pdf>; última consulta 12/04/2020).

Boar, A., “Efectos de la tecnología Blockchain en el sector financiero y empresarial”, *Revista de Contabilidad y Dirección*, vol. 27, 33-45. Universidad Pompeu Fabra, 2018 (disponible en https://ec.economistas.es/wp-content/uploads/sites/5/2019/10/Efectos_de_la_tecnolog%C3%ADa_blockchain_en_el_sector_financiero_y_empresarial_A_Boarlogo_-13_09_2019.pdf; última consulta 12/04/2020).

8.2.3. Publicaciones institucionales

Ganne, E., “¿Pueden las cadenas de bloques revolucionar el comercio internacional?”, *Estudio de la Organización Mundial del Comercio*, 2018 (disponible en https://www.wto.org/spanish/res_s/booksp_s/blockchainrev18_s.pdf; última consulta 12/04/2020).

Romero Ugarte, J. L., “Tecnología de Registros Distribuidos (DLT): una introducción”, *Boletín Económico 4/2018 del Banco de España*, 2018 (disponible en <https://www.bde.es/f/webbde/SES/Secciones/Publicaciones/InformesBoletinesRevistas/ArticulosAnaliticos/2018/T4/descargar/Fich/beaa1804-art26.pdf>; última consulta 12/04/2020).

Blanco, M., López-Román, E., Montalván, E. Suárez, E., Farran, P. y Fabián, F., “Contratos inteligentes: los smart contract”, *Publicaciones Consejo General de la Abogacía Española*, 2017 (disponible en

<https://www.abogacia.es/publicaciones/blogs/blog-nuevas-tecnologias/contratos-inteligentes-los-smart-contract/>; última consulta 12/04/2020).

EU Blockchain., “About EU Blockchain”, *EU Blockchain Observatory and Forum*, 2020 (disponible en <https://www.eublockchainforum.eu/about>; última consulta 12/04/2020).

Lyons, T., “Legal Recognition of Blockchain & Smart Contracts”, *EU Blockchain Observatory & Forum*, 2018 (disponible en https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/workshop_6_report__legal_recognition_of_blockchains.pdf?width=1024&height=800&iframe=true; última consulta 12/04/2020).

Lyons, T., Courcelas, L. y Timsit, K., “Legal and Regulatory Framework of Blockchains and Smart Contracts”, *EU Blockchain Observatory & Forum*, 2019 (disponible en https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_legal_v1.0.pdf; última consulta 12/04/2020).

IEEE., “IEEE Blockchain Technical Community Standards”, *IEE Blockchain*, 2020 (disponible en <https://blockchain.ieee.org/standards>; última consulta 12/02/2020).

OECD., “The potential for blockchain technology in public equity markets in Asia”, *OECD Equity Market Review of Asia*, 2018 (disponible en <http://www.oecd.org/corporate/The-Potential-for-Blockchain-in-Public-Equity-Markets-in-Asia.pdf>; última consulta 12/04/2020).

ESMA., “Discussion paper on the distributed ledger technology applied to securities markets”, *ESMA/2016/773*, 2016 (disponible en <https://www.esma.europa.eu/document/discussion-paper-distributed-ledger-technology-applied-securities-markets>; última consulta 12/04/2020).

CNMV., “Documento de debate de ESMA sobre la tecnología de libro descentralizado”, *Notas Informativas CNMV*, 2016 (disponible en <https://www.cnmv.es/DocPortal/DocFaseConsulta/CESR/DPdltdef.pdf>; última consulta 12/04/2020).

IFCI Risk Institute., “Overview: Settlement Risk”, *IFCI*, 2000 (disponible en <http://ifci.ch/134710.htm>; última consulta 8/04/2020).

Política nacional del Gobierno de Alemania sobre Blockchain, “Blockchain-Strategie der Bundesregierung: wir stellen die Weichen für die Token-Ökonomie”, 2019 (disponible

en <https://www.bmwi.de/Redaktion/DE/Publikationen/Digitale-Welt/blockchain-strategie.html>; última consulta 13/04/2020).

8.2.4. Artículos periodísticos

Ou, E., “Smart Contracts Don’t Have to Be Dumb”, *Bloomberg*. 2016. (disponible en <https://www.bloomberg.com/view/articles/2016-10-21/smart-contracts-don-t-have-to-be-dumb>; última consulta 4/04/2020).

Bustos, G., “El blockchain pondrá el derecho patas arriba”, *Legal Today*, 14 de marzo de 2018 (disponible en <http://www.legaltoday.com/blogs/transversal/blog-administracion-publica/el-blockchain-pondra-el-derecho-patas-arriba>; última consulta 12/04/2020).

Stark, J., “Making sense of blockchain smart contracts”, *Coindesk*, 4 de junio de 2016 (disponible en <https://www.coindesk.com/making-sense-smart-contracts/>; última consulta 12/04/2020).

Del Rosal, P., “El primer informe europeo sobre los “smart contracts” pide una regulación armonizada”, *Cinco Días*, 17 de octubre de 2019 (disponible en https://cincodias.elpais.com/cincodias/2019/10/17/legal/1571294965_971337.html; última consulta 12/04/2020).

Cifelli, L., “Italy Legally Defines Blockchain and Smart Contracts: What to Expect?”, *Legal Nodes*, 2019 (disponible en <https://legalnodes.org/blog/Italy-Legally-Defines-Blockchain/>; última consulta 12/04/2020).

Iglesias Fraga, A., “Cinco usos del blockchain más allá del bitcoin”, *TICbeat*, 14 de octubre de 2019. (disponible en <https://www.ticbeat.com/innovacion/cinco-usos-del-blockchain-mas-alla-del-bitcoin/>; última consulta 12/04/2020).

Kos, D., “Addressing liquidity challenges in T+2 securities settlement”, *Fintech Futures Newsletter*, 2018 (disponible en <https://www.fintechfutures.com/2018/03/addressing-liquidity-challenges-in-t2-securities-settlement/>; última consulta 12/04/2020).

Baydakova, A., “Germany’s government has passed a new strategy outlining the ways the leading EU state is planning to use blockchains”, *Coindesk*, 18 de septiembre de 2019 (disponible en <https://www.coindesk.com/germany-passes-national-policy-to-explore-blockchain-but-limit-stablecoins>; última consulta 13/04/2020).