





INFOTEC CENTRO DE INVESTIGACIÓN E  
INNOVACIÓN EN TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

DIRECCIÓN ADJUNTA DE INNOVACIÓN Y  
CONOCIMIENTO  
GERENCIA DE CAPITAL HUMANO  
POSGRADOS

# “Análisis de la viabilidad de implementación de la portabilidad numérica utilizando *Blockchain* en México”

SOLUCIÓN ESTRATÉGICA  
Que para obtener el grado de MAESTRA EN  
REGULACIÓN Y COMPETENCIA ECONÓMICA DE  
LAS TELECOMUNICACIONES

Presenta:

**Judith Estefanía Montoya Vázquez**

Asesores:

**Mtro. Pablo Corona Fraga**

**Mtro. Juan Armando Becerra Gutiérrez**

Ciudad de México, diciembre, 2021.

## Autorización de impresión



### AUTORIZACIÓN DE IMPRESIÓN Y NO ADEUDO EN BIBLIOTECA

#### Maestría en Regulación y Competencia Económica de las Telecomunicaciones, MRCET

Ciudad de México, 25 de febrero de 2022.  
INFOTEC-DAIC-GCH-SE-027/22.

La Gerencia de Capital Humano / Gerencia de Investigación hacen constar que el trabajo de titulación intitulado

#### "Análisis de la viabilidad de implementación de la portabilidad numérica utilizando Blockchain en México"

Desarrollado por la alumna: **Judith Estefanía Montoya Vázquez** y bajo la asesoría de los **Mtro. Pablo Corona Fraga** y **Mtro. Juan Armando Becerra Gutiérrez** cumple con el formato de Biblioteca. Por lo cual, se expide la presente autorización para impresión del proyecto terminal al que se ha hecho mención.

Asimismo, se hace constar que no debe material de la biblioteca de INFOTEC.

Vo. Bo.

A handwritten signature in blue ink, consisting of several overlapping loops and lines, positioned above a horizontal line.

**Lic. Juan Ramón Abarca Damián**  
Coordinador de Biblioteca

## Agradecimientos

A mis asesores Pablo Corona y Armando Becerra, por compartirme su conocimiento y experiencia, así como por haberme brindado de su valioso tiempo para apoyarme y guiarme en la elaboración de este trabajo; gracias, sin ustedes no hubiera sido posible.

Al Instituto Federal de Telecomunicaciones (IFT), la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y al Centro de Investigación e Innovación en Tecnologías de la Información y Comunicación (INFOTEC), por haberme otorgado la oportunidad de cursar este posgrado.

A mis profesores de la Maestría, por su profesionalismo y excelencia académica que dejaron huella en mí.

A mi hermana Carolina Montoya, con quien he compartido los momentos más importantes en mi vida, ha estado conmigo ante cualquier circunstancia y de quien estoy muy orgullosa y he aprendido principalmente que hay que vivir cada día al máximo; gracias por tus valiosos consejos, tu apoyo incondicional, confianza y comprensión, eres una persona increíble.

A mi sobrina Daira Sánchez, quien a pesar de ser la más pequeña, sus palabras y consejos siempre están llenos de sabiduría; gracias por tu apoyo incondicional, confianza y comprensión, eres muy inteligente.

A mi madre Socorro Vázquez, por haberme dado la vida y por el apoyo que me has brindado.

A mi hermana Elizabeth Montoya, por tus palabras de aliento y por el apoyo que me has dado.

A mi padre José Luis Montoya, quien estaría muy orgulloso de mí por este nuevo logro y a quien extraño mucho y llevaré siempre en mi corazón.

A Daniela Avila, por todo tu apoyo y comprensión al cursar este posgrado, y principalmente gracias por tu amistad y confianza.

A Gloria Andrade, por tus sabias palabras y tu amistad, así como por confiar y creer en mí.

A Víctor Rodríguez, por todo tu apoyo y principalmente por haber hecho posible que cursara este posgrado.

A mis compañeros de la Maestría, con quienes compartí más que el aula y me apoyé en todo momento; y principalmente gracias a Jersain, Katya y Ashley, por su amistad y empatía.

A Julio Cervantes, por tu apoyo, cariño y comprensión.

A Margarita Bautista, por haberme apoyado siempre y a Federico Vargas, también por todo su apoyo y a quien recordaré con mucho cariño.

A todos los demás que son muy importantes en mi vida y que, aunque no menciono explícitamente, siempre han estado ahí apoyándome y creyendo en mí.

## Tabla de contenido

Introducción.....	1
<b>Capítulo 1 Portabilidad numérica en México .....</b>	<b>12</b>
1.1 Antecedentes de la portabilidad numérica .....	12
1.2 Solución implementada .....	19
1.3 Proceso de portabilidad numérica .....	20
1.4 Identificación del problema .....	26
1.4.1 Participación del ABD en el proceso de portabilidad numérica .....	26
1.4.2 Elección del ABD .....	28
1.5 Conclusiones del capítulo .....	31
<b>Capítulo 2 Experiencia internacional en materia de portabilidad numérica ..</b>	<b>32</b>
2.1 Ecuador .....	32
2.2 República Dominicana .....	35
2.3 Chile .....	40
2.4 Colombia.....	43
2.5 Reino Unido .....	47
2.6 España .....	53
2.7 Conclusiones del capítulo .....	56
<b>Capítulo 3 Tecnología <i>blockchain</i> (estado del arte).....</b>	<b>59</b>
3.1 Características y funcionamiento .....	59
3.2 Criptografía .....	63
3.3 Tipos .....	65
3.3.1 <i>Blockchains</i> sin permiso .....	65
3.3.2 <i>Blockchains</i> con permiso.....	66
3.4 Modelos de consenso .....	67
3.4.1 Proof of Work .....	67
3.4.2 Proof of Stake .....	68
3.4.3 Proof of Authority .....	68
3.5 Contratos inteligentes.....	69
3.6 Plataformas <i>blockchain</i> .....	72
3.6.1 Bitcoin .....	72
3.6.2 Ethereum .....	72

3.6.3 Hyperledger Fabric .....	73
3.6.4 R3 Corda.....	75
3.7 Protección de datos personales y privacidad .....	76
3.8 Ventajas y desventajas .....	80
3.8.1 Ventajas.....	80
3.8.2 Desventajas.....	83
3.9 Experiencia internacional en el uso de <i>blockchain</i> en diversos sectores .....	85
3.9.1 Servicios financieros.....	86
3.9.2 Identidad digital .....	88
3.9.3 Industria.....	92
3.9.4 Servicios notariales .....	93
3.9.5 Salud.....	95
3.9.6 Votación electrónica.....	96
3.10 Controversias .....	97
3.11 Conclusiones del capítulo .....	99
<b>Capítulo 4 Análisis de la implementación de la portabilidad numérica utilizando <i>blockchain</i> en México.....</b>	<b>102</b>
4.1 Modelo .....	102
4.1.1 Rectificación y cancelación de datos personales .....	110
4.2 Diseño de estrategias .....	112
4.3 Evaluación .....	116
4.3.1 Fortalezas.....	125
4.3.2 Oportunidades .....	127
4.3.3 Debilidades.....	128
4.3.4 Amenazas.....	129
4.4 Conclusiones del capítulo .....	130
<b>Conclusiones.....</b>	<b>135</b>
<b>Bibliografía.....</b>	<b>143</b>
<b>ANEXO I.....</b>	<b>170</b>
<b>Índice de términos.....</b>	<b>171</b>

## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> <i>Estructura conceptual del tratamiento de la portabilidad de números.....</i>	4
<b>Figura 2.</b> <i>Proceso de elección del ABD.....</i>	30
<b>Figura 3.</b> <i>Red blockchain simplificada.....</i>	60
<b>Figura 4.</b> <i>Blockchain genérica.....</i>	61
<b>Figura 5.</b> <i>Proceso general de una transacción en blockchain.....</i>	62
<b>Figura 6.</b> <i>Esquema general de la red de portabilidad numérica utilizando blockchain en México.....</i>	108

## Índice de gráficos

<b>Gráfico 1.</b> <i>Números del servicio móvil de telefonía portados por año.....</i>	17
<b>Gráfico 2.</b> <i>Números del servicio fijo de telefonía portados por año.....</i>	18

## Índice de cuadros

<b>Cuadro 1.</b> <i>Comparación de esquemas de enrutamiento para la portabilidad numérica. ....</i>	4
<b>Cuadro 2.</b> <i>Cuadro comparativo entre sistemas centralizados y libros mayores distribuidos. ....</i>	8
<b>Cuadro 3.</b> <i>Distribución del mercado del servicio móvil de telefonía a nivel nacional. ....</i>	15
<b>Cuadro 4.</b> <i>Distribución del mercado del servicio fijo de telefonía a nivel nacional. ....</i>	16
<b>Cuadro 5.</b> <i>Principales aspectos de la portabilidad numérica en Ecuador. ....</i>	35
<b>Cuadro 6.</b> <i>Principales aspectos de la portabilidad numérica en República Dominicana. .</i>	39
<b>Cuadro 7.</b> <i>Principales aspectos de la portabilidad numérica en Chile. ....</i>	43
<b>Cuadro 8.</b> <i>Principales aspectos de la portabilidad numérica en Colombia. ....</i>	47
<b>Cuadro 9.</b> <i>Principales aspectos de la portabilidad numérica en Reino Unido. ....</i>	53
<b>Cuadro 10.</b> <i>Principales aspectos de la portabilidad numérica en España. ....</i>	56
<b>Cuadro 11.</b> <i>Comparación de horarios y tiempos de respuesta entre un sistema blockchain y el sistema centralizado actual. ....</i>	118
<b>Cuadro 12.</b> <i>Costos directos aproximados de un proyecto blockchain. ....</i>	121
<b>Cuadro 13.</b> <i>Costos variables aproximados de los servicios prestados por el ABD. ....</i>	123
<b>Cuadro 14.</b> <i>Costos variables aproximados de un proyecto blockchain. ....</i>	124
<b>Cuadro 15.</b> <i>Comparación de costos aproximados entre el sistema centralizado actual y el sistema distribuido propuesto. ....</i>	124

## Siglas y abreviaturas

<b>3GPP</b>	3rd Generation Partnership Project
<b>ABD</b>	Administrador de la Base de Datos
<b>ABS</b>	Association of Banks in Singapore
<b>ACQ</b>	All Call Query
<b>AI</b>	Artificial Intelligence
<b>AIR</b>	Análisis de Impacto Regulatorio
<b>ARCO</b>	Acceso, Rectificación, Cancelación y Oposición
<b>ARCOTEL</b>	Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones
<b>ASCP</b>	Administrador del Sistema Central de Portabilidad
<b>BANT</b>	Base de Datos de Administración de la Numeración Telefónica
<b>BANXICO</b>	Banco de México
<b>BCD</b>	Base Centralizada de Datos
<b>BDA</b>	Base de Datos Administrativa
<b>BDO</b>	Base de Datos Operativa
<b>BDP</b>	Base de Datos de Portabilidad
<b>BDR</b>	Base de Datos de Referencia
<b>BDT</b>	Base de Datos de Transacciones
<b>BFT</b>	Byzantine Fault Tolerance
<b>BID</b>	Banco Interamericano de Desarrollo
<b>BIT</b>	Banco de Información de Telecomunicaciones
<b>BoC</b>	Bank of Canada
<b>BoE</b>	Bank of England
<b>BT</b>	British Telecommunications
<b>CD/RtP</b>	Call Dropback/Return to Pivot
<b>CDR</b>	Call Data Record
<b>CMT</b>	Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones
<b>CNBV</b>	Comisión Nacional Bancaria y de Valores
<b>CNMC</b>	Comisión Nacional de los Mercados y la Competencia

<b>COFETEL</b>	Comisión Federal de Telecomunicaciones
<b>CONATEL</b>	Consejo Nacional de Telecomunicaciones
<b>CPEUM</b>	Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos
<b>CPP</b>	Calling Party Pays
<b>CPU</b>	Central Processing Unit
<b>CRC</b>	Comisión de Regulación de Comunicaciones
<b>CURP</b>	Clave Única de Registro de Población
<b>DAO</b>	Decentralized Autonomous Organization
<b>DApp</b>	Decentralized Application
<b>DID</b>	Decentralized Identifier
<b>DLT</b>	Distributed Ledger Technology
<b>DOF</b>	Diario Oficial de la Federación
<b>DvP</b>	Delivery versus Payment
<b>ER</b>	Entidad de Referencia
<b>ETSI</b>	European Telecommunications Standards Institute
<b>FODA</b>	Fortalezas Oportunidades Debilidades y Amenazas
<b>GB</b>	Giga Byte
<b>GDPR</b>	General Data Protection Regulation
<b>GSMA</b>	Global System for Mobile Communications
<b>HLR</b>	Home Location Register
<b>IBM</b>	International Business Machines
<b>ICO</b>	Information Commissioner's Office
<b>ICOs</b>	Initial Coin Offerings
<b>IEEE</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IFT</b>	Instituto Federal de Telecomunicaciones
<b>IN</b>	Intelligent Network
<b>INAI</b>	Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales
<b>INDOTEL</b>	Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones
<b>IoT</b>	Internet of Things
<b>IP</b>	Internet Protocol

<b>ISDN</b>	Integrated Services Digital Network
<b>ITU</b>	International Telecommunications Union
<b>KSI</b>	Keyless Signature Infrastructure
<b>LBC</b>	LBRY Credits
<b>LFPDPPP</b>	Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares
<b>LFTR</b>	Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión
<b>LGPDPSSO</b>	Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados
<b>LRN</b>	Location Routing Number
<b>MAS</b>	Monetary Authority of Singapore
<b>MNP</b>	Mobile Number Portability
<b>MPP</b>	Mobile Party Pays
<b>MTT</b>	Ministerio de Transportes y Telecomunicaciones
<b>NC</b>	Nodo Central
<b>NGN</b>	Next Generation Network
<b>NIP</b>	Número de Identificación Personal
<b>NIST</b>	National Institute of Standards and Technology
<b>NPDB</b>	Number Portability Database
<b>NRN</b>	Network Routing Number
<b>OAP</b>	Organismo Administrador de la Portabilidad
<b>OCDE</b>	Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos
<b>OFCOM</b>	Office of Communications
<b>OR</b>	Onward Routing
<b>OSG</b>	Operator Steering Group
<b>OTA2</b>	Office of the Telecoms Adjudicator
<b>PAC</b>	Porting Authorization Code
<b>PBFT</b>	Practical Byzantine Fault Tolerance
<b>PLMN</b>	Public Land Mobile Network
<b>PoA</b>	Proof of Authority
<b>PoC</b>	Proof of Concept

<b>PoI</b>	Proof of Identity
<b>PoS</b>	Proof of Stake
<b>PoW</b>	Proof of Work
<b>PST</b>	Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones
<b>PSTN</b>	Public Switched Telephone Network
<b>QoR</b>	Query on Release
<b>RN</b>	Routing Number
<b>SCP</b>	Sistema Central de Portabilidad
<b>SEC</b>	Securities and Exchange Commission
<b>SGX</b>	Singapore Exchange
<b>SHA</b>	Secure Hash Algorithm
<b>SIM</b>	Subscriber Identity Module
<b>SMS</b>	Short Message Service
<b>SRF</b>	Signaling Relay Function
<b>SSI</b>	Self-Sovereign Identity
<b>SUBTEL</b>	Subsecretaría de Telecomunicaciones
<b>TDR</b>	Transaction Detail Records
<b>TEP</b>	Tabla de Encaminamiento de Portabilidad
<b>TEPP</b>	Tabla de Encaminamiento de Portabilidad Propia
<b>TPD</b>	Tabla de Portabilidad Diaria
<b>TRAI</b>	Telecom Regulatory Authority of India
<b>TS</b>	Technical Specification
<b>UTC</b>	Universal Time Coordinated

## Glosario

### “A”

**Administrador de la Base de Datos:** Persona(s) física(s) o moral(es) contratada(s) por los proveedores de servicios de telecomunicaciones, que tiene(n) a su cargo la administración e integridad de la base de datos administrativa, la generación de los archivos de portabilidad, la comunicación de los cambios de proveedor de servicios de telecomunicaciones y la coordinación de la sincronía de las actualizaciones de las bases de datos de portabilidad involucradas en el cambio (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite "El Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y la modificación a las Reglas de Portabilidad Numérica, publicadas el 12 de noviembre de 2014" (Continúa en la Tercera Sección), Regla 2, definición II, 2018).

### “B”

**Base de Datos Administrativa:** Contiene al menos la información necesaria para el enrutamiento de comunicaciones hacia números portados, que se actualiza(n) de conformidad con los archivos de portabilidad que genera el administrador de la base de datos, así como en su caso, como resultado de las asignaciones, cesiones, cambios y devoluciones de numeración realizadas por el Instituto Federal de Telecomunicaciones y de la información reportada por los concesionarios respecto a la provisión a terceros de numeración para la comercialización de servicios de telecomunicaciones, de conformidad con el Plan de Numeración" (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite "El Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y la modificación a las Reglas de Portabilidad Numérica, publicadas el 12 de noviembre de 2014" (Continúa en la Tercera Sección), Regla 2, definición VIII, 2018).

**Base de Datos de Personas Morales:** Contiene los números nacionales que un proveedor de servicios de telecomunicaciones utiliza para prestar servicios a usuarios que son personas morales (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite "El Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y la modificación a las Reglas de Portabilidad Numérica, publicadas el 12 de noviembre de 2014" (Continúa en la Tercera Sección), Regla 2, definición XIII, 2018).

**Base de Datos de Portabilidad:** Contiene la información necesaria para el enrutamiento de las comunicaciones a números portados, obtenida a partir de la base de datos administrativa (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición X, 2014).

**Blockchain:** Libro mayor digital distribuido de transacciones firmadas criptográficamente que se agrupan en bloques. Cada bloque se vincula criptográficamente con el anterior después de su validación y de someterse a una decisión de consenso. A medida que se añaden nuevos bloques, es más difícil modificar a los bloques más antiguos. Los nuevos bloques se replican a través de copias del libro mayor dentro de la red, y cualquier conflicto se resuelve automáticamente utilizando reglas establecidas (Yaga et al., 2018, pág. 49).

## “C”

**Comercializadora:** Toda persona física o moral que cuenta con permiso o autorización para proporcionar servicios de telecomunicaciones a usuarios mediante el uso de capacidad de una o varias redes públicas de telecomunicaciones sin tener el carácter de concesionario, y que para prestar el servicio utiliza recursos del plan de numeración, ya sea asignados de manera directa por el Instituto Federal de Telecomunicaciones o provistos por otros concesionarios a través de cualquier acuerdo comercial (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de

Telecomunicaciones aprueba y emite "El Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y la modificación a las Reglas de Portabilidad Numérica, publicadas el 12 de noviembre de 2014" (Continúa en la Tercera Sección), Regla 2, definición XV, 2018).

**Concesionario:** Persona física o moral, titular de una concesión de las previstas en la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión o para instalar, operar y explotar redes públicas de telecomunicaciones, y que tiene asignados recursos del plan de numeración (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición XVIII, 2014).

**Contrato inteligente:** Colección de código y datos (a veces denominados funciones y estado) que se implementa utilizando transacciones firmadas criptográficamente y es ejecutado por los nodos dentro de una red *blockchain* (Yaga et al., 2018, pág. 54).

## “D”

**Documentos de Identificación:** Es la copia simple de: i) tratándose de personas físicas es su identificación oficial; ii) tratándose de personas morales es la identificación oficial del representante o apoderado legal en conjunto con la escritura pública en la que se otorga el poder con facultades para actos de administración o poder especial para llevar a cabo el proceso de portabilidad a favor del representante o apoderado legal de la persona moral, que cumpla con las formalidades requeridas, y iii) tratándose de dependencias, entidades gubernamentales, sujetos u órganos de derecho público es la identificación oficial del funcionario en conjunto con la documentación que acredite que el funcionario cuenta con facultades para realizar procesos de contratación para la adquisición de servicios a nombre de la dependencia (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica

y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición XXIII, 2014).

## “F”

**Formato de Solicitud de Portabilidad:** Documento en formato impreso o digital, que debe ser debidamente completado por toda persona física que solicite la portación de números no geográficos o la recuperación de números y por toda persona moral, el cual debe ser proporcionado al proveedor receptor para iniciar el proceso de portabilidad o la recuperación de números (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones modifica las Reglas de Portabilidad Numérica publicadas el 12 de noviembre de 2014, así como el Plan Técnico Fundamental de Numeración publicado en 21 de junio de 1996, Regla 2, definición XXIV, 2015).

## “I”

**Identificación Oficial:** Es cualquiera de los siguientes documentos vigentes: i) credencial para votar expedida por el Instituto Federal Electoral o por el Instituto Nacional Electoral; ii) Pasaporte; iii) Cédula Profesional; iv) Cartilla del Servicio Militar Nacional; v) Identificación con fotografía y firma expedida por la Federación, los Estados, el Distrito Federal o los Municipios; vi) Certificado de Matrícula Consular; vii) Documento migratorio emitido por autoridad competente o, en su caso, prórroga o refrendo migratorio, y viii) CURP (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones modifica las Reglas de Portabilidad Numérica publicadas el 12 de noviembre de 2014, así como el Plan Técnico Fundamental de Numeración publicado en 21 de junio de 1996, Regla 2, definición XXVI, 2015).

## “N”

**NIP de Confirmación:** Número de identificación personal compuesto por 4 dígitos generado aleatoriamente por el administrador de la base de datos y con el cual se acredita la voluntad del usuario para portar su número telefónico (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición XXXII, 2014).

**Número Nacional:** Conjunto estructurado de diez dígitos que identifica unívocamente a un destino dentro de una red de telecomunicaciones (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite "El Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y la modificación a las Reglas de Portabilidad Numérica, publicadas el 12 de noviembre de 2014" (Continúa en la Tercera Sección), Regla 2, definición XXXII bis, 2018).

**Número no Geográfico:** Conjunto estructurado de 10 dígitos que, al ser marcado por un usuario, requiere una traducción llevada a cabo por algún elemento de red para encontrar el número nacional destino (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite "El Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y la modificación a las Reglas de Portabilidad Numérica, publicadas el 12 de noviembre de 2014" (Continúa en la Tercera Sección), Regla 2, definición XXXIV, 2018).

## “P”

**Portabilidad:** Derecho de los usuarios de conservar el mismo número telefónico al cambiarse de concesionario o prestador de servicio (Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión [LFTR], Artículo 3, definición XLIV, 2021).

**Proveedor Asignatario:** Proveedor de red que originalmente poseía el número telefónico como parte de una asignación de bloques de numeración (Medhi & Ramasamy, 2007, pág. 439).

**Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones:** Persona física o moral, comercializadora o concesionario, que presta o proporciona servicios de telecomunicaciones a los usuarios (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición LI, 2014).

**Proveedor Donador:** Proveedor de servicios de telecomunicaciones desde el cual se porta un determinado número como resultado del proceso de portabilidad y con el cual el usuario mantenía una relación contractual, sin importar la modalidad de pago (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición LII, 2014).

**Proveedor Receptor:** Proveedor de servicios de telecomunicaciones hacia el cual se porta un determinado número como resultado del proceso de portabilidad y con el cual el usuario adquiere una relación contractual, sin importar la modalidad de pago (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición LIII, 2014).

## “S”

**Servicio no geográfico:** Servicio que se presta utilizando números no geográficos del plan de numeración (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición LVIII, 2014).

**Sistema de Información:** Sistema en el que a través de una página de Internet o de un número no geográfico de cobro revertido, los usuarios obtienen información sobre la portabilidad numérica, incluyendo el estado del proceso de números para los que se haya iniciado un proceso de portabilidad (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición LX, 2014).

**Sistema IVR:** Sistema de respuesta de voz interactiva a través del cual el administrador de la base de datos genera y/o notifica, a través de mensajes audibles, el NIP de confirmación del usuario que genera la llamada (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, Regla 2, definición LXI, 2014).

## “U”

**Usuario:** Persona física o moral que utiliza un servicio de telecomunicaciones como destinatario final (LFTR, Artículo 3, definición LXXI, 2021).

## Introducción

### Justificación y relevancia

La portabilidad numérica se refiere a la posibilidad de que los usuarios puedan conservar su mismo número telefónico (Medhi & Ramasamy, 2007) atribuido "...al cambiar de proveedor de servicio (portabilidad de proveedor de servicios), de lugar dentro de un área geográfica específica (portabilidad de localización) o de servicio de red (portabilidad de servicio)" (International Telecommunications Union [ITU], 1998, pág. 2; el nombre puede ser traducido como "Unión Internacional de Telecomunicaciones"). En la mayoría de los países, no se aplica la portabilidad de localización ni la portabilidad de servicio debido a que, por un lado, se considera que la portabilidad de proveedor de servicios es esencial para que haya una competencia leal entre los operadores, mientras que la portabilidad de localización y la portabilidad de servicio suelen tratarse como servicios de valor añadido; por otro lado, los costos de implementación y operación pueden reducirse considerablemente si estas no se implementan (Lin et al., 2003). Por ello, en la experiencia internacional se encuentra que diversos reguladores del sector de telecomunicaciones han implementado solamente a la portabilidad de proveedor de servicios, como una medida regulatoria obligatoria en aras de aumentar la competencia y empoderar a los usuarios (Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos [OCDE] & Banco Interamericano de Desarrollo [BID], 2016).

Desde otra perspectiva, la portabilidad numérica significa que los proveedores de servicios de red no son propietarios de grandes bloques de números contiguos que les han sido asignados; por el contrario, cada proveedor de servicios tiene el privilegio de alojar un número hasta que el usuario del mismo decide cambiar a otro proveedor, es decir, la propiedad del número pasa del proveedor de servicios de red al usuario (Medhi & Ramasamy, 2007, pág. 442).

Una vez que un número es portado, se debe considerar el esquema bajo el cual se enrutará una llamada al mismo (Medhi & Ramasamy, 2007, pág. 442). En la especificación técnica de la 3GPP TS 23.066 se proponen dos enfoques para

permitir el enrutamiento de llamadas en la portabilidad numérica: el primero consiste en una solución basada en la función de retransmisión de señales (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, SRF) y el segundo consiste en una solución basada en la red inteligente (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, IN). Ambas utilizan una base de datos de portabilidad de números (por sus siglas en inglés, NPDB) que almacena los registros de los números portados. Para el enfoque basado en SRF, han sido propuestos tres escenarios para el establecimiento de llamadas: enrutamiento directo, enrutamiento indirecto y enrutamiento indirecto con referencia a la red de suscripción (Lin et al., 2003, pág. 11).

El enrutamiento directo permite enrutar las llamadas directamente a la red de suscripción del usuario portado y la consulta sobre la portabilidad de un número se realiza en la red origen. El enrutamiento indirecto permite enrutar las llamadas a través de la red del proveedor asignatario a la red de suscripción del usuario portado y la consulta sobre la portabilidad de un número se realiza en la red del proveedor asignatario. Finalmente, en el enrutamiento indirecto de llamadas con referencia a la red de suscripción, las llamadas se enrutan desde la red de origen hasta la red del proveedor asignatario y la consulta sobre la portabilidad del número móvil se realiza en la red del proveedor asignatario (Lin et al., 2003; European Telecommunications Standards Institute [ETSI], 2018, pág. 14; el nombre puede ser traducido como “Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones”).

Para el enrutamiento de llamadas en el enfoque basado en la IN han sido propuestos tres escenarios: consulta de llamadas originadas basada en el análisis de dígitos, similar al enrutamiento directo en el enfoque basado en SRF; consulta de llamadas terminadas basada en el análisis de dígitos, similar al enrutamiento indirecto en el enfoque SRF; y consulta sobre la liberación del HLR (Lin et al., 2003, pág. 13).

En relación con lo anterior, Medhi y Ramasamy (2007) hacen referencia a cuatro diferentes esquemas para realizar el enrutamiento de la comunicación: enrutamiento progresivo (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, OR), el cual consiste en que una llamada de la red de origen se enruta con base en los dígitos marcados. Esto supone implícitamente que la llamada se envía a la red de origen,

es decir, como si la transferencia no se hubiera producido todavía; consulta tras la liberación (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, QoR), el cual inicia con el supuesto de que la transferencia no se ha producido, por lo que el enrutamiento de la llamada involucra a la red del proveedor asignatario; enrutamiento con retroceso/retorno al pivote (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, CD/RtP), es un híbrido entre el esquema OR y el esquema QoR; y consulta de todas las llamadas (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, ACQ), en el cual se genera una consulta para cada llamada, independientemente de si el número llamado ha sido portado o no (págs. 442-445). En el Cuadro 1, se incluyen algunas de las ventajas y desventajas de cada uno de los referidos esquemas.

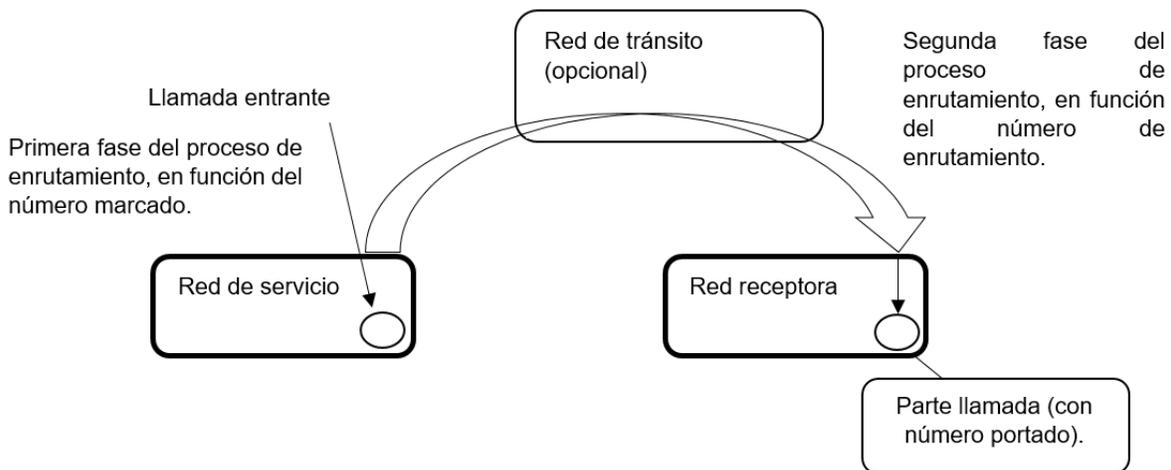
Método	Ventajas	Desventajas
<b>OR</b>	<p>No se necesita una base de datos centralizada.</p> <p>La base de datos de portabilidad de números interna puede ser independiente y contiene solo los números portados de la red del proveedor asignatario.</p> <p>Buena solución para el corto plazo, o si un pequeño porcentaje de usuarios opta por la portabilidad numérica.</p>	<p>Depende completamente de la red del proveedor asignatario durante el establecimiento de la llamada.</p>
<b>QoR</b>	<p>Base de datos de portabilidad de números centralizada utilizada para la decisión de enrutamiento de llamadas.</p>	<p>Involucra a la red del proveedor asignatario durante el establecimiento de la llamada.</p>
<b>CD/RtP</b>	<p>No se necesita una base de datos de portabilidad de números centralizada.</p> <p>La base de datos de portabilidad de números interna puede ser independiente y contiene solo</p>	<p>Involucra a la red del proveedor asignatario durante el establecimiento de la llamada.</p>

	los números portados de la red del proveedor asignatario.	
<b>ACQ</b>	<p>Base de datos de portabilidad de números centralizada utilizada para la decisión de enrutamiento de llamadas.</p> <p>Una buena solución a largo plazo, especialmente cuando la mayoría de los usuarios optan por la portabilidad numérica.</p>	<p>No involucra a la red del proveedor asignatario.</p> <p>Costo del establecimiento de la portabilidad relativamente alto.</p>

**Cuadro 1.** Comparación de esquemas de enrutamiento para la portabilidad numérica.

Fuente: Elaboración propia con información de Medhi y Ramasamy, 2007, pág. 447.

Un esquema de enrutamiento general, cualquiera que sea la red que se utilice para el transporte (PSTN, ISDN, PLMN, NGN e IP) (ITU, 2020, pág. 7) se muestra en la Figura 1:



**Figura 1.** Estructura conceptual del tratamiento de la portabilidad de números.  
Fuente: Elaboración propia con información de la ITU, 2020, pág. 7.

El proceso de enrutamiento se divide en dos pasos principales consecutivos (ITU, 2020):

- a) Enrutamiento normal basado en el número del usuario hacia una red donante o de servicio: La red de origen enruta la llamada hacia una red donante o de servicio claramente identificada derivado del análisis de los primeros dígitos

del número de usuario final. En algunas soluciones de portabilidad numérica, como en las soluciones técnicas de enrutamiento directo o consulta de todas las llamadas, la red de origen también puede asumir las funciones de red de servicio.

- b) Enrutamiento hacia la red receptora en función del o de los números de enrutamiento (por sus siglas en inglés, RNs) obtenidos por una red donante o de servicio. (pág. 7)

### **Problema o tema de investigación**

En México, la portabilidad numérica de proveedor de servicios y de localización corresponde a una medida regulatoria obligatoria para los proveedores de servicios de telecomunicaciones (en lo sucesivo, PSTs) de los servicios fijo y móvil de telefonía, los cuales deben permitirla de manera gratuita a los usuarios.

La solución técnica para...[su] implementación...se establece en la Regla 22 de las Reglas de Portabilidad y consiste en que todo concesionario que origine una comunicación tendrá la obligación de consultar una Base de Datos de Portabilidad para obtener la información necesaria para su enrutamiento. En este sentido, los concesionarios podrán contar con su propia Base de Datos de Portabilidad o podrán contratar el servicio de consulta a un tercero, siendo obligación de todos los concesionarios obtener los archivos de portabilidad y actualizar su base de datos de portabilidad en los tiempos y condiciones establecidos. (Instituto Federal de Telecomunicaciones [IFT], 2018a, párr. 5)

Para este efecto los Proveedores de Servicios de Telecomunicaciones (PST) deberán contratar, previa opinión favorable del Instituto, a un Administrador de la Base de Datos (ABD) que tenga a su cargo la administración e integridad de la Base de Datos Administrativa (BDA), la

generación de los Archivos de Portabilidad, la comunicación de los cambios de PST y la coordinación de la sincronía de la actualización de las Bases de Datos de Portabilidad involucradas en el cambio, y demás funciones establecidas en las Reglas de Portabilidad. (IFT, 2018a, párr. 6)

Es decir, la solución adoptada es la denominada ACQ, donde la base de datos es gestionada de manera centralizada. Como lo señala Bashir (2018), en los sistemas centralizados hay una única autoridad que los controla y que se encarga exclusivamente de todas sus operaciones. Todos aquellos que hacen uso del sistema centralizado dependen de una sola fuente de servicio (pág. 44).

Si bien, el establecimiento de esta medida regulatoria en el país basada en un sistema centralizado con el mecanismo de enrutamiento ACQ, ha permitido que desde julio de 2008 a julio de 2020 se hayan portado más de 109 millones de números del servicio móvil de telefonía y más de 6 millones de números del servicio fijo de telefonía (IFT, 2020a); el uso de una tecnología de libro mayor distribuido (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, DLT), cuya implementación más destacada es *blockchain* (ITU, 2019a, pág. 7), podría ser una alternativa a la solución implementada actualmente.

Las DLTs permiten a los nodos en la red de libro mayor distribuido, llegar a acuerdos y registrar información sin necesidad de una autoridad central (ITU, 2019a, pág. 7). Por lo tanto, su utilización permitiría a cada operador ejecutar su propio libro mayor de números portados. Dentro de un conjunto de reglas predefinidas, cada uno de ellos tendría acceso a actualizar la DLT con los números portados en su red. Mediante la replicación automática de los datos en todos los nodos, esta información, así como las actualizaciones de información de otros operadores que reflejen los números portados en sus respectivas redes, estarían rápidamente disponibles en cada instancia DLT en los propios sistemas de cada operador (ITU, 2019b, pág. 12).

Wüst y Gervais (2018), realizan una comparativa entre los aspectos más relevantes en torno a los libros mayores distribuidos y los sistemas centralizados, algunos de ellos se indican en el Cuadro 2:

Aspecto	Sistema centralizado	Libro mayor distribuido
<b>Verificabilidad pública</b>	<p>No necesaria para el funcionamiento del sistema.</p> <p>Distintos observadores pueden tener opiniones totalmente diferentes del estado. Por ello, es posible que no puedan verificar que todas las transiciones de estado se hayan ejecutado correctamente y deben confiar en que la entidad central les proporcione el estado correcto.</p>	<p>Cada transición de estado es confirmada por verificadores, que pueden ser un conjunto restringido de participantes. No obstante, cualquier observador puede verificar que el estado del libro mayor se modificó de acuerdo con el protocolo y todos los observadores tendrán finalmente la misma vista del libro mayor, al menos hasta una cierta longitud.</p>
<b>Transparencia</b>	<p>No necesaria para el funcionamiento del sistema.</p>	<p>La transparencia de los datos y el proceso de actualización del estado es un requisito para la verificabilidad pública. Sin embargo, la cantidad de información que es transparente para un observador puede diferir, y no todos los participantes necesitan tener acceso a cada parte de la información.</p>
<b>Privacidad</b>	<p>Fácil de lograr porque la transparencia y la verificabilidad pública no son necesarias para el funcionamiento del sistema.</p>	<p>No tan fácil de lograr porque la transparencia y la verificabilidad pública son necesarias para el funcionamiento del sistema.</p> <p>Un sistema puede seguir proporcionando importantes garantías de privacidad, mientras que hace transparente el proceso de las transiciones de estado. Un libro mayor distribuido puede proporcionar verificabilidad pública de su estado general, sin filtrar información sobre el estado de cada participante individual.</p> <p>La privacidad en un sistema público puede ser lograda mediante técnicas criptográficas,</p>

		pero normalmente a costa de una menor eficiencia.
<b>Integridad</b>	Solo puede garantizarse si el sistema centralizado no se ve comprometido.	Está estrechamente vinculada a la verificabilidad pública. Si un sistema proporciona verificabilidad pública, cualquiera puede verificar la integridad de los datos.
<b>Redundancia</b>	Se logra generalmente a través de la replicación en diferentes servidores físicos y a través de copias de seguridad.	En sistemas <i>blockchain</i> , se proporciona de forma inherente mediante de la replicación a través de aquellos participantes que tienen el rol de escritores.

**Cuadro 2.** Cuadro comparativo entre sistemas centralizados y libros mayores distribuidos.

Fuente: Elaboración propia con información de Wüst y Gervais, 2018, pág. 46.

### Hipótesis/Resultados esperados

Una *blockchain* es un tipo de DLT con una serie de características específicas. Aunque también es una base de datos o registro compartido, pero en este caso mediante unos bloques que forman una cadena (Banco Bilbao Vizcaya Argentaria [BBVA], 2018). Wüst y Gervais (2018), señalan que cada uno de estos bloques está vinculado al bloque anterior con un *hash* criptográfico. Un bloque es una estructura de datos que permite almacenar una lista de transacciones, las cuales se crean e intercambian por los pares de la red *blockchain* y modifican el estado de la misma (pág. 45). *Blockchain* permite que las transacciones se almacenen y verifiquen de forma segura sin ninguna autoridad centralizada (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 6).

Un sistema de portabilidad numérica basado en *blockchain*, permitiría que cada PST mantuviera su propia base de datos de numeración; y un registro inmutable de la actividad transaccional entre las partes, daría lugar a una actualización de un activo digital, que correspondería a la situación de un número telefónico. Estas actualizaciones se producirían periódicamente, asegurando que las bases de datos de todos los participantes se mantuvieran sincronizadas (British Telecommunications [BT], 2019, pág. 4; el nombre puede ser traducido como

“Telecomunicaciones Británicas”). La utilización de esta tecnología tendría algunas ventajas que no pueden ser ofrecidas por una base de datos de números centralizada, ya que, como lo señala la empresa Telecomunicaciones Británicas (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, BT):

- Es más robusto en el sentido de que no hay dependencia de un único almacenamiento central de datos, potencialmente gestionado por un tercero.
- Utilizaría el consenso de un conjunto de proveedores de redes para garantizar que la integridad de la base de datos de numeración común se mantuviera intacta y fuera menos probable que se corrompiera.
- Podría proporcionar permisos basados en roles que permitieran a los diferentes participantes tener diferentes niveles de acceso y visibilidad, y llevar a cabo diferentes acciones.
- Podría utilizar contratos inteligentes para modelar los procesos existentes que implican una serie de acciones de múltiples partes, lo cual, puede sustentar un proceso de validación y verificación de los números portados, y el establecimiento de criterios sólidos en torno a las actualizaciones. (2019, págs. 4-5)

### **Objetivo general**

Realizar el análisis de la viabilidad de la utilización de una tecnología de vanguardia como *blockchain* para la portabilidad numérica, con la finalidad de buscar hacer más eficiente el proceso de portabilidad numérica y reducir fallas o errores que actualmente se pudieran presentar en el mismo, como resultado de la participación de una entidad centralizada que lo controla e interviene en la validación de las transacciones. Esto, a través del uso de un sistema basado en la tecnología *blockchain* en el cual se cree un historial de transacciones entendiéndose estas como cada movimiento de portabilidad y mediante el uso de contratos inteligentes, se apliquen las reglas y parámetros establecidos por el regulador (Thomas et al., 2019). Con ello, todos los participantes se comunicarían directamente entre ellos, llegarían a acuerdos y registrarían la información (ITU, 2019a, pág. 7). Mediante la replicación automática de los datos en todos los nodos, estos contarían con la

información actualizada de en qué red se encuentran los números telefónicos portados (ITU, 2019b, pág. 12).

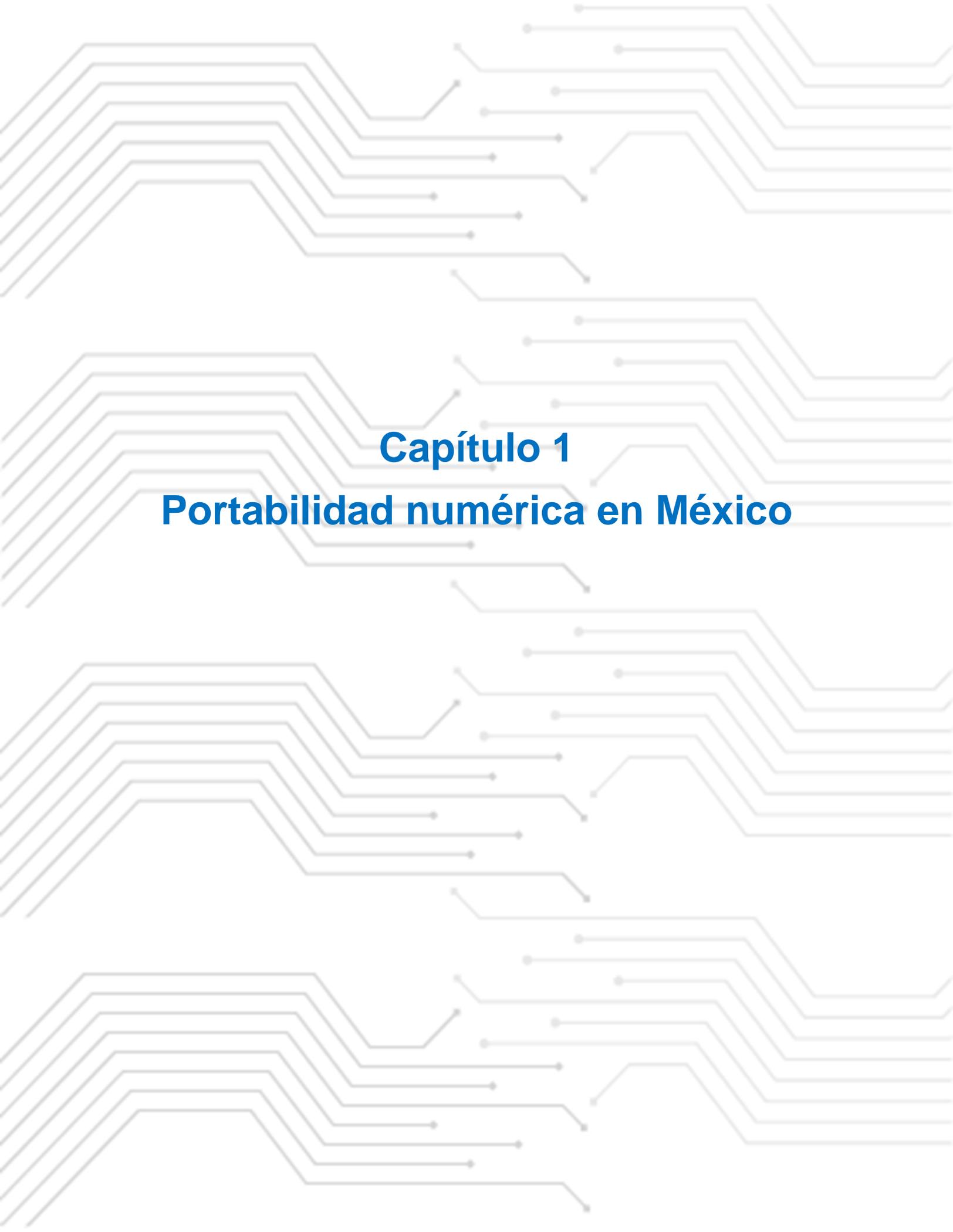
No obstante, debido a que *blockchain* es una lista a la que solo se puede añadir información y que, a diferencia de las bases de datos utilizadas por el sector público hoy en día, no hay forma de eliminar los datos que se han introducido en la misma; en los casos en que la actualización y/o eliminación de datos es algo habitual puede no ser la mejor opción. Es por ello, que deberá ser evaluado si los beneficios de una *blockchain* superan la incapacidad de actualizar y eliminar los datos y si su característica de inmutabilidad es práctica para el tipo de datos que se utilizan (Yaga et al., 2018, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 29), lo cual, implicará el análisis de aspectos en torno a la privacidad, protección de datos personales y derecho al olvido.

## **Metodología**

La metodología se basa en un enfoque cualitativo (Durán et al., 2017) mediante una investigación documental, centrada en “la búsqueda, recuperación, análisis, crítica e interpretación de datos...obtenidos y registrados por otros investigadores en fuentes documentales; impresas, audiovisuales o electrónicas” (Arias, 2012, pág. 27). Mediante el método deductivo, se realiza el análisis de la viabilidad de la implementación de la portabilidad numérica utilizando la tecnología *blockchain* en el país. Todo esto, considerando el uso de la literatura y de las mejores prácticas internacionales en torno al uso de la referida tecnología en diversos sectores, así como también considerando la experiencia internacional de su implementación en dicha medida regulatoria; destacando las principales ventajas y desventajas de su utilización; y realizando una comparación de esta con respecto a la solución implementada actualmente en el entorno mexicano.

Lo anterior, parte del trabajo realizado en el Capítulo 1 Portabilidad numérica en México, en el cual se plasma el entorno de la portabilidad numérica en el país y del cual se obtiene el esquema actual bajo el que esta se encuentra cimentado, con la finalidad de poder trasladarlo posteriormente de manera general a la propuesta basada en un sistema *blockchain*; seguido de un ejercicio de derecho comparado

de la implementación de dicha medida regulatoria en 6 países en específico incluidos en el Capítulo 2 Experiencia internacional en materia de portabilidad numérica, enfocado a conocer el proceso y las características generales de la referida medida adoptadas en el ámbito internacional, enfatizando aquellos casos en los que haya trabajos tendientes a su posible implementación con la multicitada tecnología; continuando en el Capítulo 3 Tecnología *blockchain* (estado del arte), con las bases técnicas relativas a las características y funcionamiento específico de esta tecnología (el estado del arte) para determinar la factibilidad de su uso; y finalizando con base en todo lo anterior, con la propuesta y justificación del modelo a emplear en el Capítulo 4 Análisis de la implementación de la portabilidad numérica utilizando *blockchain* en México.



# **Capítulo 1**

## **Portabilidad numérica en México**

## Capítulo 1 Portabilidad numérica en México

### 1.1 Antecedentes de la portabilidad numérica

Toda vez que, “...Las actividades económicas ocurren a través de la red global de las telecomunicaciones, donde los individuos y las empresas muchas veces se reconocen por su número telefónico...” (Resolución por la que el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones, establece las reglas para implantar la portabilidad de números geográficos y no geográficos (en lo sucesivo, RESOLUCIÓNa), 2007, párr. 11); el cambio del mismo “...puede tener implicaciones en las actividades económicas o puede generar limitaciones a las comunicaciones para las organizaciones y las personas al tener que informar a todos sus contactos sobre su nuevo número telefónico” (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos (en lo sucesivo, ACUERDOa), 2014, párr. 25).

Previo a la implantación de la portabilidad numérica en México, “...Los consumidores de servicios móviles o fijos se veían obligados a perder su número cuando cambiaban de proveedor, así también cuando cambiaban de domicilio, en el caso de la telecomunicación fija...” (Escobar, 2018, párr. 3).

Conforme a lo señalado en la resolución por la que la extinta Comisión Federal de Telecomunicaciones (en lo sucesivo, COFETEL) estableció las reglas para implantar la portabilidad de números geográficos y no geográficos, el hecho de que no existiera la portabilidad numérica implicaba costos importantes para los usuarios cuando estos decidían cambiar al concesionario que les prestaba el servicio telefónico. Dichos costos, se incrementaban en el caso de usuarios comerciales, debido a que el cambio del número telefónico podía representar pérdida de ventas o de contacto con un número importante de clientes y proveedores. Asimismo, esto representaba una ventaja competitiva para el

concesionario que le proporcionaba el servicio al usuario, ya que había la posibilidad de que estableciera tarifas por encima de las de sus competidores sin correr el riesgo de perder a sus usuarios, dificultando con ello la entrada de nuevos competidores al mercado (RESOLUCIÓNa, 2007).

Por tanto, dados los inconvenientes que podía generar el cambio del número telefónico, algunos usuarios preferían mantenerse con su proveedor de servicio sin importar la calidad y precio con el que se lo prestaban, yendo esto en detrimento de la sana competencia en la prestación del servicio (RESOLUCIÓNa, 2007).

La implementación de un esquema de portabilidad numérica fomentaría que los PSTs tuvieran incentivos tanto para mantener a sus usuarios en sus compañías, ante la posibilidad de poder migrar de manera sencilla a otro PST, como para atraer a nuevos usuarios. Tal como se señala en el “Estudio sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México”, la posibilidad y disposición de los consumidores de cambiar de un prestador de servicios a otro fácilmente y a bajo costo es de vital importancia, pues así castigan el mal desempeño de estos y los insta a satisfacer las necesidades de los usuarios, puesto que, de no hacerlo se arriesgan a que se vayan con la competencia (OCDE, 2012, pág. 116).

Los primeros esfuerzos para la implementación de la portabilidad numérica en México, fueron realizados desde 2007 y 2008 por la extinta COFETEL a través de la emisión de la resolución que establecen las reglas para implantar la portabilidad numérica (RESOLUCIÓNa, 2007), así como las especificaciones técnicas y operativas para su implantación (Resolución por la que el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones emite las especificaciones técnicas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, 2007; Resolución por la que el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones emite las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos, 2008).

En julio de 2014, a través del decreto por el que se expidió la Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión (en lo sucesivo, LFTR), en el artículo trigésimo octavo transitorio se señaló que el Instituto Federal de Telecomunicaciones (en lo sucesivo, IFT) debía emitir las reglas administrativas necesarias que eliminaran

requisitos que pudieran retrasar o impedir la portabilidad numérica, así como de ser el caso, se promoviera su realización por medios electrónicos. Dichas reglas, debían garantizar que la portabilidad numérica se llevara a cabo en un plazo máximo de 24 horas contadas a partir de la solicitud realizada por el titular del número respectivo. Asimismo, en el artículo 191, fracciones III y IV de la LFTR, se establecieron como derechos de los usuarios la portabilidad gratuita del número telefónico y la elección libre de su proveedor de servicios, y en los artículos 173, fracción III y 174, fracción I, se estableció que las comercializadoras de servicios de telecomunicaciones podrían contar con numeración propia o adquirirla a través de su contratación con los concesionarios, así como también que están obligadas a permitir la portabilidad numérica, respectivamente (LFTR, 2021).

Fue por ello que, en noviembre de 2014 el IFT emitió la reestructura a las reglas de portabilidad numérica, las cuales

...tienen por objeto establecer los procesos para que los Usuarios puedan ejercer su derecho a elegir libremente al Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones conservando su número telefónico y con el fin de fomentar la sana competencia entre los Proveedores de Servicios de Telecomunicaciones. (ACUERDOa, Regla 1, 2014)

Estas reglas han sido modificadas en los años 2015, 2018 y 2019 con la finalidad de robustecer el proceso de portabilidad numérica (ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones modifica las Reglas de Portabilidad Numérica publicadas el 12 de noviembre de 2014, así como el Plan Técnico Fundamental de Numeración publicado en 21 de junio de 1996 (en lo sucesivo, ACUERDOb), 2015; ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite "El Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y la modificación a las Reglas de Portabilidad Numérica, publicadas el 12 de noviembre de 2014" (Continúa en la Tercera Sección) (en lo sucesivo, ACUERDOc), 2018; ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones modifica las Reglas de Portabilidad Numérica (en lo sucesivo, ACUERDOd), 2019).

Actualmente, de conformidad con el banco de información de telecomunicaciones (en lo sucesivo, BIT) del IFT, al cuarto trimestre de 2019 se contaba con una distribución del mercado de telefonía móvil a nivel nacional en 23 grupos económicos, los cuales están obligados a permitir la portabilidad de sus usuarios, con un total de 122,040,789 líneas (IFT, 2020a) que pueden solicitar su cambio de compañía telefónica como se muestra en el Cuadro 3:

<b>Grupo económico</b>	<b>Número de líneas</b>
<b>AIRBUS</b>	1,453
<b>AMÉRICA MÓVIL</b>	76,197,707
<b>AT&amp;T</b>	18,633,678
<b>BUENO CELL</b>	19,142
<b>CELMAX</b>	14,234
<b>CIERTO</b>	9,484
<b>FLASH MOBILE</b>	122,211
<b>FREEDOM</b>	707,095
<b>HER MOBILE</b>	6,989
<b>MAXCOM</b>	13,364
<b>MAZ TIEMPO</b>	2,500
<b>MEGACABLE-MCM</b>	4,127
<b>MIIO</b>	47
<b>NEUS MOBILE</b>	5,672
<b>OUI</b>	581,869
<b>QBO CEL</b>	184,123
<b>SIMPATI</b>	15,303
<b>SIMPLII</b>	2,092
<b>SIX MOVIL</b>	682
<b>TELFÓNICA</b>	25,175,386
<b>TOKA MOVIL</b>	932
<b>VIRGIN MOBILE</b>	221,190
<b>WEEX</b>	121,509
<b>TOTAL</b>	122,040,789

**Cuadro 3.** *Distribución del mercado del servicio móvil de telefonía a nivel nacional.*  
Fuente: Elaboración propia con información estadística trimestral del BIT del IFT, apartado telecomunicaciones móviles: servicio móvil de telefonía, 2020.

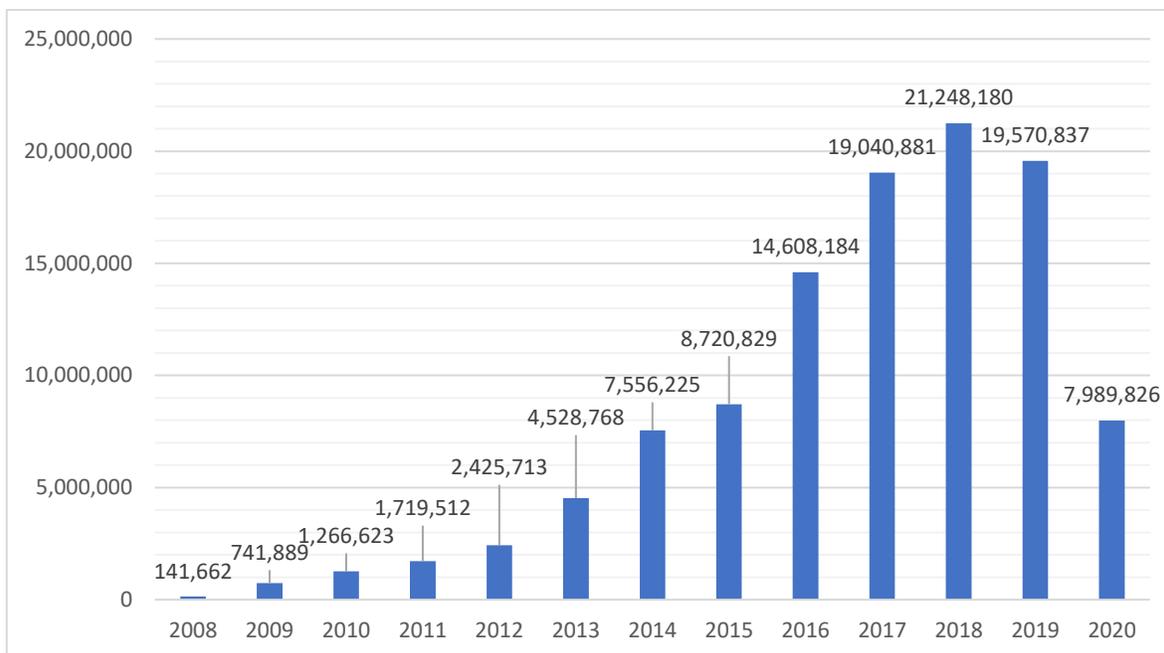
Para el servicio fijo de telefonía, en ese mismo trimestre se contaba con una distribución del mercado a nivel nacional en 14 grupos económicos, los cuales al igual que en el servicio móvil de telefonía, están obligados a permitir la portabilidad

de sus usuarios, con un total de 22,068,003 líneas (IFT, 2020a) que pueden solicitar su cambio de compañía telefónica como se muestra en el Cuadro 4:

<b>Grupo económico</b>	<b>Número de líneas</b>
<b>AMÉRICA MÓVIL</b>	11,731,103
<b>AXTEL</b>	488,099
<b>CONVERGIA</b>	6,556
<b>GRUPO TELEVISA</b>	5,096,716
<b>IENTC</b>	1,037
<b>MARCATEL</b>	56,722
<b>MAXCOM</b>	205,597
<b>MEGACABLE-MCM</b>	2,460,871
<b>TELEFÓNICA</b>	386 157
<b>TOKA MOVIL</b>	665
<b>TOTALPLAY</b>	1,623,500
<b>TRANSTELCO</b>	8,396
<b>TV REY</b>	2,544
<b>VADSA</b>	40
<b>TOTAL</b>	22,068,003

**Cuadro 4.** *Distribución del mercado del servicio fijo de telefonía a nivel nacional.*  
Fuente: Elaboración propia con información estadística trimestral del BIT del IFT, apartado telecomunicaciones fijas: servicio fijo de telefonía, 2020.

Asimismo, de conformidad con el BIT, desde la implementación de la portabilidad numérica la demanda de solicitudes realizadas para el servicio móvil de telefonía ha ido aumentando significativamente, habiendo registrado en 2018 el valor más alto con más de 21 millones de portaciones ejecutadas de manera exitosa como se muestra en el Gráfico 1 (IFT, 2020a):



**Gráfico 1.** *Números del servicio móvil de telefonía portados por año.*

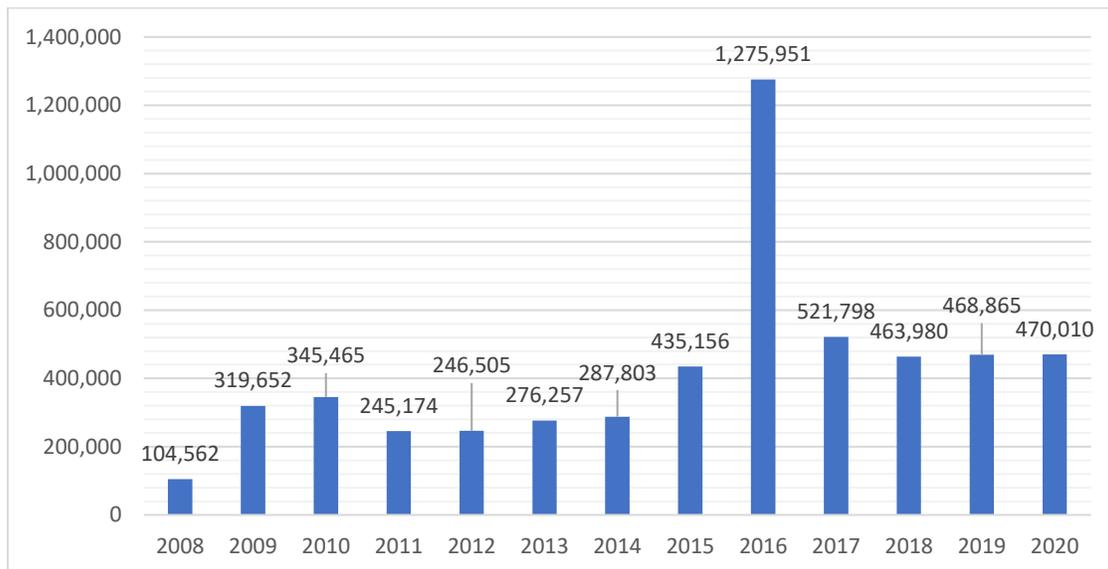
Fuente: Elaboración propia con información estadística trimestral del BIT del IFT, apartado telecomunicaciones móviles: servicio móvil de telefonía, 2020.

Con respecto al servicio fijo de telefonía, el incremento en la cantidad de portaciones de números no ha sido tan significativo como en el caso del servicio móvil de telefonía, habiendo presentado solamente en el año 2016 más de 1 millón de portaciones y manteniéndose dentro de un rango más bajo para el resto de los años como se muestra en el Gráfico 2 (IFT, 2020a). Lo anterior, se podría atribuir en parte a tres factores relacionados con las características propias del servicio:

- Primero, la menor cantidad de líneas presentes a nivel nacional para el servicio fijo de telefonía comparado con la cantidad de líneas presentes a nivel nacional para el servicio móvil de telefonía.
- Segundo, a diferencia del servicio móvil de telefonía, este no permite la misma movilidad del usuario a pesar de que es su derecho ...conservar su número al cambiar su domicilio a cualquier parte del territorio nacional, sin que eso implique el cambio de la Modalidad de Uso ni el cambio de su Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones, siempre y cuando éste cuente con Cobertura Geográfica y capacidad para garantizar la

continuidad del servicio en el nuevo domicilio. (ACUERDOc, Regla 2, definición XIII bis, 2018)

- Tercero, cambiar de proveedor de servicio fijo de telefonía implica la realización de instalación de infraestructura en el domicilio del usuario (ACUERDOa, Regla 37, fracción II, 2014), a diferencia del servicio móvil de telefonía, en el que solamente se requiere de la tarjeta SIM del nuevo proveedor de servicios (ACUERDOb, Regla 23, inciso a, 2015) y en su caso, el desbloqueo del equipo terminal móvil para que pueda ser utilizado en la red del PST a la que se porte el número (ACUERDOa, Regla 13, fracción X, 2014), haciéndolo de esta manera más asequible en un menor tiempo.



**Gráfico 2.** *Números del servicio fijo de telefonía portados por año.*

Fuente: Elaboración propia con información estadística trimestral del BIT del IFT, apartado telecomunicaciones fijas: servicio fijo de telefonía, 2020.

Como se mencionó anteriormente, de los datos mostrados en el Cuadro 3 y Cuadro 4, se puede apreciar la cantidad de líneas del servicio fijo de telefonía y del servicio móvil de telefonía presentes en el país al año 2019, exponiendo con ello la gran cantidad de usuarios que pueden ejercer su derecho a la portabilidad numérica. Asimismo, en el Gráfico 1 y Gráfico 2 se puede observar la demanda registrada en cuanto a la cantidad de portaciones de números telefónicos fijos y móviles

solicitadas por año, las cuales han sido ejecutadas exitosamente desde la implementación de la medida regulatoria. Desde sus inicios, esta se concibió como un derecho de los usuarios (RESOLUCIÓNa, 2007), el cual ejercen de manera gratuita y cuya implementación ha permitido que, desde julio de 2008 a julio de 2020, se hayan portado más de 109 millones de números del servicio móvil de telefonía y más de 6 millones de números del servicio fijo de telefonía (IFT, 2020a).

## **1.2 Solución implementada**

En el primer documento emitido por la extinta COFETEL relativo a las reglas para implantar la portabilidad numérica en el país (RESOLUCIÓNa, 2007), se señaló dentro del considerando undécimo, que la solución a utilizar sería la denominada ACQ, en la cual

...existe una base de datos centralizada que contiene información de enrutamiento para todos los números telefónicos. En su operación, previo al establecimiento de una comunicación, el proveedor de origen debe consultar dicha base de datos y obtener la información que le permita enviar la comunicación al proveedor que atiende al usuario de destino... (RESOLUCIÓNa, 2007, párr. 43)

Por su parte, en las reglas de 2014 se estableció que, Todo Concesionario que origine una comunicación tiene la obligación de consultar una Base de Datos de Portabilidad para obtener la información necesaria para su enrutamiento y con base en ella entregar la comunicación a la red o combinación de redes necesarias para su terminación, incluyendo para tal fin la información de señalización de enrutamiento correspondiente, para lo cual se sujetará a lo establecido en el Plan de Señalización.

...

Los Concesionarios podrán contar con su propia Base de Datos de Portabilidad o contratar el servicio de consulta a un tercero... (ACUERDOa, Regla 22, 2014)

Derivado de lo anterior, desde la emisión de las reglas para implantar la portabilidad numérica en el país por la extinta COFETEL en 2007 y en las reglas emitidas por el IFT en 2014 (RESOLUCIÓNa, 2007; ACUERDOa, 2014), se estableció la participación de un administrador de la base de datos (en lo sucesivo, ABD), el cual conforme a lo establecido en la modificación a las reglas de 2018, es contratado por los PSTs y tiene a su cargo la administración e integridad de la base de datos administrativa (en lo sucesivo, BDA), la generación de los archivos de portabilidad, la comunicación de los cambios de PST y la coordinación de la sincronía de las actualizaciones de las bases de datos de portabilidad (en lo sucesivo, BDP) involucradas en el cambio (ACUERDOc, Regla 2, definición II, 2018).

Actualmente, los PSTs deben cubrir los costos del sistema de comunicación que para tal efecto implementen con el ABD, con la finalidad de tener acceso a los servicios que este les brinde (ACUERDOa, Regla 31, 2014).

### **1.3 Proceso de portabilidad numérica**

El proceso actual de portabilidad numérica se lleva a cabo por 4 actores clave:

1. Usuario.
2. ABD.
3. Proveedor donador.
4. Proveedor receptor.

De conformidad con lo establecido en las reglas de portabilidad numérica vigentes, el proceso da inicio a solicitud expresa del usuario del servicio fijo o móvil de telefonía ante el proveedor receptor (en forma presencial o a través de medios

electrónicos<sup>1</sup>) con quien el usuario desea contratar el servicio telefónico (ACUERDOb, Regla 35, fracción I, 2015).

Los usuarios tienen el derecho a la portabilidad gratuita de proveedor de servicios y de localización, es decir, pueden conservar su número telefónico fijo, móvil o no geográfico a través del cual reciben el servicio de telecomunicaciones, al cambiar de proveedor de servicios o al cambiar su domicilio a cualquier parte del país (ACUERDOa, Reglas 1 y 5, 2014), con la única condición de que el servicio asociado a dicho número se encuentre activo (ACUERDOa, Regla 13, fracción I, 2014); y de que, para el caso de la portabilidad de localización, el PST cuente con cobertura geográfica y capacidad para asegurar la continuidad del servicio en el nuevo domicilio. La portabilidad de servicio no está habilitada debido a que solamente se puede llevar a cabo para el mismo servicio, esto es, del servicio fijo al servicio fijo y del servicio móvil al servicio móvil, siendo este último en la misma modalidad de uso: el que llama paga (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, CPP) o el que recibe paga (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, MPP) (ACUERDOa, Regla 3, inciso a, 2014; ACUERDOc, Regla 3, inciso b, 2018).

Los usuarios no pueden iniciar un nuevo proceso de portabilidad para un mismo número telefónico mientras uno se encuentre en trámite (ACUERDOa, Regla 35, fracción III, 2014).

Las personas físicas que soliciten la portación de números no geográficos y las personas morales, deben presentar el formato de solicitud de portabilidad y documentos de identificación (ACUERDOb, Regla 47, fracción I, incisos a y b, 2015). Por su parte, las personas físicas que soliciten la portación de números nacionales (ACUERDOc, Regla 47, fracción I, párr. 2, 2018), deben presentar el número de identificación personal (en lo sucesivo, NIP) de confirmación<sup>2</sup>, el o los

---

<sup>1</sup> Por ejemplo, "Correo electrónico", "Mensajes multimedia a través de redes móviles", "Aplicaciones ad-hoc que establezca el Proveedor Receptor" o "Cualquier otro medio que permita al Proveedor Receptor conservar copia de la documentación enviada por el Usuario" (ACUERDOa, Regla 36, incisos a-d, 2014).

<sup>2</sup> Este, puede ser solicitado por el usuario a través de un SMS al código "051" desde el número del servicio móvil de telefonía que va a ser portado (ACUERDOd, Regla 39, fracción I, 2019). Para el servicio fijo de telefonía, el proveedor receptor también puede solicitar al ABD la generación del mismo (ACUERDOa, Regla 39, fracción II, 2014). Asimismo, tanto los usuarios del servicio fijo como los del servicio móvil de telefonía, pueden marcar al "051" desde el número que va a ser portado

números telefónicos a portar, y de ser el caso, la fecha en la que desean que se ejecute la portabilidad (ACUERDOb, Regla 47, fracción I, inciso c, 2015), no excediendo de 5 días hábiles<sup>3</sup> a partir de que presente la solicitud (ACUERDOa, Regla 13, fracción IV, 2014), así como documentos de identificación oficial (ACUERDOc, Regla 47, fracción I, inciso d, 2018).

Una vez recibida la solicitud del usuario por el proveedor receptor, este la ingresa al sistema de transferencia electrónica establecido con el ABD (ACUERDOa, Regla 47, fracción II, 2014) y en un plazo máximo de 15 minutos a partir de recibida la solicitud de portabilidad, el ABD realiza entre otras, las siguientes validaciones (ACUERDOa, Regla 47, fracción III, 2014):

- a) Que no exista una Solicitud de Portabilidad previa en trámite para alguno de los números a portarse;
- b) Que tratándose de varios números, éstos correspondan al mismo Proveedor Donador y Concesionario Donador;
- ...
- i) Que, en caso de que la solicitud sea para Persona Física, el número no esté contenido en la Base de Datos de Personas Morales del Proveedor Donador. Para realizar dicha validación, el ABD deberá enviar, a través del sistema de transferencia electrónica, una consulta al Proveedor Donador, quien en un plazo máximo de 10 minutos deberá responder respecto a si el número pertenece a una Persona Moral o si en efecto se trata de un número asignado a Persona Física. En caso de que dentro del plazo señalado no se reciba respuesta del Proveedor Donador, se considerará que el número pertenece a Persona Física... (ACUERDOa, Regla 47, fracción III, 2014)
- j) Tratándose de portaciones de Personas Físicas, que el NIP de Confirmación generado por el ABD y el Número Nacional objeto de la Portabilidad, registrados en el Sistema Automático de Verificación, coincidan con la

---

para solicitar la generación del NIP de confirmación (ACUERDOd, Regla 39, fracción III, 2019) y a través del sistema IVR el ABD lo genera y notifica (ACUERDOa, Regla 2, definición LXI, 2014).

<sup>3</sup> De lunes a sábado de cada semana (ACUERDOa, Regla 2, definición XXII, 2014), salvo aquellos no indicados como tal en las disposiciones legales y/o administrativas aplicables.

información ingresada por el Proveedor Receptor. (ACUERDOc, Regla 47, fracción III, 2018)

“Para el caso de solicitudes de Personas Físicas cuya validación haya sido positiva, se considerará que el número respectivo está listo para programarse...” (ACUERDOa, Regla 47, párr. 3, 2014).

Si la validación es positiva y se trata de personas morales, el ABD solicita la validación de la solicitud por parte del proveedor donador, el cual en un plazo máximo de 2 horas debe enviar a través del sistema de transferencia electrónica en caso de así determinarlo, el rechazo de la solicitud especificando la causa del mismo. Si no notifica el rechazo de la solicitud, entonces esta se considerará como aceptada y los números estarán listos para programarse (ACUERDOa, Regla 47, fracciones IV, V y VI, 2014).

Posterior a ello, “En un plazo máximo de 2 horas a partir de su recepción, el ABD deberá validar la procedencia o improcedencia del rechazo remitido en su caso por el Proveedor Donador...” (ACUERDOa, Regla 47, fracción VII, 2014), y en caso de que no se cumpla la causa de rechazo señalada por el proveedor donador, el rechazo se considerará improcedente y el número estará listo para programarse (ACUERDOa, Regla 47, párr. 2, 2014).

El ABD debe notificar al proveedor receptor y al proveedor donador si una solicitud de portabilidad ha sido rechazada total o parcialmente. Si el ABD no notifica a dichos proveedores en el término de 2 horas señalado anteriormente, la solicitud de portabilidad se entenderá como rechazada en su totalidad y el ABD deberá enviar el correspondiente mensaje de rechazo. Si la solicitud es rechazada de manera parcial, el ABD debe generar un mensaje que contenga, al menos, los números rechazados y su causa de rechazo; y los números no rechazados que serán notificados como números listos para programarse (ACUERDOa, Regla 47, fracciones VIII y IX, 2014).

El ABD es el encargado de notificar a todos los proveedores involucrados, que los números de una solicitud de portabilidad están listos para ser programados. Dicha notificación, la realiza en un plazo no mayor a 5 minutos a partir de que se genera la condición correspondiente (ACUERDOa, Regla 47, fracción X, 2014). Una

vez que los proveedores receptores reciben dicha notificación, son los responsables de programar la ejecución de las solicitudes de portabilidad (ACUERDOa, Regla 48, 2014).

Asimismo, el ABD es el encargado de generar el archivo correspondiente con la información diaria de números a portarse o a eliminarse y de ponerla a disposición de los PSTs para su acceso y descarga vía electrónica (ACUERDOc, Regla 49, 2018), la cual solo incluirá aquella que haya recibido antes de las 21:59 horas del horario de referencia<sup>4</sup> del día hábil (ACUERDOa, Regla 49, 2014). “...Esta información deberá estar disponible en días hábiles antes de las 22:59 horas del Horario de Referencia, del día hábil anterior a la fecha en que se ejecutará la Portabilidad” (ACUERDOc, Regla 49, párr. 4, 2018).

Los PSTs deben iniciar la ejecución de la portabilidad contenida en los archivos de portabilidad a las 2:00 horas del horario de referencia en días hábiles (ACUERDOa, Regla 50, 2014). El plazo máximo para que se lleve a cabo la portabilidad de números del servicio móvil y del servicio no geográfico, es de:

...24 horas contadas a partir de que se ingresa la solicitud, siempre y cuando esto ocurra entre las 11:00 y 17:00 horas del Horario de Referencia en Día Hábil; las solicitudes presentadas en horario posterior se considerarán como ingresadas a las 11:00 horas del Día Hábil siguiente. (ACUERDOa, Regla 37, fracciones I y III, 2014)

Para el servicio fijo el plazo máximo es de:

...24 horas contadas a partir de que el proveedor receptor haya concluido la instalación de la infraestructura física en el domicilio del Usuario. Las solicitudes de portabilidad del Servicio Fijo deberán presentarse entre las 11:00 y las 17:00 horas del Horario de Referencia en Día Hábil; [y al igual

---

<sup>4</sup> Huso horario del centro del país, UTC-6 (UTC-5 en verano), donde UTC es el tiempo universal coordinado (ACUERDOa, Regla 2, definición XXV, 2014).

que en el servicio móvil], las solicitudes presentadas en horario posterior se consideran como ingresadas a las 11:00 horas del día hábil siguiente. (ACUERDOa, Regla 37, fracción II, 2014)

Lo anterior, sin perjuicio de la libertad con la que cuenta el usuario para indicar la fecha en que se ejecutará la portabilidad, la cual no debe exceder de 5 días hábiles contados a partir de que este presenta la solicitud (ACUERDOa, Regla 13, fracción IV, 2014).

A través de su página de Internet, el ABD debe establecer un mecanismo de consulta para que, mediante el ingreso del número telefónico y el folio que asigna el Proveedor Receptor..., los usuarios puedan consultar el estado que guarda su solicitud de portabilidad [*sic*]. (ACUERDOa, Regla 34, 2014)

Los PSTs deben garantizar que a partir de la ejecución de la portabilidad y el inicio efectivo de la prestación del servicio con el nuevo PST, los usuarios no tengan afectación en su servicio por más de 30 minutos en el 95% de los casos, y en ninguno de los casos por más de 120 minutos (ACUERDOb, Regla 23, 2015).

Una vez ejecutada la portabilidad, los usuarios tienen la posibilidad de realizar el proceso de reversión de su número, con la finalidad de anular sus efectos y regresar el número a la compañía telefónica que los atendía antes de la portación (ACUERDOa, Regla 2, definición XLIX, 2014), en los casos en los que la portabilidad se hubiera llevado a cabo sin su consentimiento. Asimismo, el proveedor donador puede solicitar la reversión del número cuando medie mandamiento de autoridad o exista mutuo acuerdo con el proveedor receptor (ACUERDOa, Regla 52, 2014). Lo anterior,

...en un plazo máximo de 15 (quince) días hábiles contados a partir de la fecha en que se ejecutó la Portabilidad, a excepción de la causal de reversión por mandamiento de autoridad, caso en el que podrá tramitarse en cualquier momento. (ACUERDOa, Regla 52, 2014)

En el ANEXO I, se presenta de manera general el proceso de portabilidad numérica hasta el punto en el que los números están listos para ser programados para portarse.

## **1.4 Identificación del problema**

Como se mencionó al inicio del presente documento, el problema en torno a la utilización de una solución basada en una entidad centralizada que funja como ABD, puede implicar una serie de fallas o errores. Por un lado, las fallas se pueden presentar en caso de que el sistema principal y su redundancia tanto física como lógica se vean afectadas, por ejemplo, por un caso fortuito o de fuerza mayor. Por otro lado, los errores podrían presentarse en caso de que el sistema se viera comprometido, situación ante la cual no podría ser garantizada su integridad (Wüst & Gervais, 2018). Asimismo, el hecho de que haya una única entidad que lo controle y se encargue de manera exclusiva de la operación del mismo (Bashir, 2018, pág. 44); implica que todos aquellos que lo utilicen deben confiar en que la información que les proporciona es la correcta. Todo lo anterior aunado al hecho de que el contar con una entidad centralizada, requiere tener que llevar a cabo un elaborado proceso de elección, contratación y pago por los servicios de la misma.

En los apartados 1.4.1 Participación del ABD en el proceso de portabilidad numérica y 1.4.2 Elección del ABD, se describe a detalle la participación del ABD en el proceso de portabilidad numérica con la finalidad de poder identificar los puntos que podrían dar lugar a errores, así como también se describe el elaborado proceso que se lleva a cabo para poder realizar su elección y contratación.

### **1.4.1 Participación del ABD en el proceso de portabilidad numérica**

El proceso de portabilidad numérica se podría resumir de la siguiente manera, con base en lo establecido en el ACUERDOa (2014); el ACUERDOb (2015); el ACUERDOc (2018); así como en el ACUERDOd (2019):

1. Inicia a solicitud del usuario ante el proveedor receptor.
  - i. De manera presencial o a través de medios electrónicos.

- ii. Si corresponde a una persona física que vaya a portar un número nacional, debe presentar el NIP de confirmación, el o los números a portar, en su caso, la fecha en que requiere se realice la portabilidad y documentos de identificación.
    - iii. Si corresponde a una persona física que va a portar un número no geográfico o si corresponde a una persona moral, deben presentar el formato de solicitud de portabilidad y documentos de identificación.
2. El proveedor receptor ingresa la solicitud al ABD.
  - i. Este se encarga de obtener los requisitos necesarios para poder hacer el ingreso de la misma.
3. El ABD realiza las validaciones correspondientes (en un plazo máximo de 15 minutos). Para aquellas que hayan sido validaciones positivas y correspondan a personas físicas, se considerará que los números están listos para programarse para ser portados. En el caso de personas morales, si la validación es positiva, el ABD remite la solicitud al proveedor donador para su validación.
  - i. Dentro de dichas validaciones se debe identificar que, si la solicitud se hizo como persona física, el número no se encuentre dentro de la base de personas morales. Lo anterior, a través de una consulta al proveedor donador.
4. El proveedor donador valida la solicitud y la acepta o rechaza (en un plazo máximo de 2 horas). Si no rechaza la solicitud dentro del plazo señalado, entonces la solicitud de portabilidad se considerará como aceptada y los números estarán listos para programarse para ser portados.
5. En su caso, el ABD valida la procedencia o improcedencia del rechazo de la solicitud por parte del proveedor donador (en un plazo máximo de 2 horas).
6. El ABD notifica el rechazo parcial o total de una solicitud de portabilidad (dentro de las 2 horas máximas señaladas en el punto 5). Si el ABD no realiza la validación dentro del tiempo establecido, la solicitud de portabilidad se entenderá como rechazada en su totalidad.

7. El ABD notifica a todos los proveedores involucrados los números que están listos para ser programados para ser portados.
8. Los proveedores receptores programan la ejecución de los números a ser portados.

En los puntos 3, 5, 6 y 7 indicados anteriormente, se puede observar el control del proceso y la serie de validaciones que tiene a su cargo el ABD. De manera particular en el punto 3, la validación del ABD a su vez se encuentra supeditada a una verificación por parte de un tercero (el proveedor donador), lo cual podría implicar un punto de error derivado de que, si el requerimiento no es atendido dentro del tiempo establecido (máximo 10 minutos) para confirmar si el número pertenece a una persona física o a una persona moral; entonces el ABD da por sentado que pertenece a una persona física, y si la validación de la solicitud resulta positiva, se considera que el número está listo para ser programado para ser portado a pesar de que la solicitud pudo haber correspondido a una persona moral.

En este mismo sentido en el punto 6, si el ABD no realiza la validación del rechazo indicado por el proveedor donador dentro del tiempo máximo establecido (2 horas); entonces se rechaza la solicitud en su totalidad a pesar de que, en caso de haber correspondido a una solicitud con varios números, algunos de ellos que sí cumplían con los requerimientos no fueron programados para portarse.

#### **1.4.2 Elección del ABD**

El ABD es un ente neutral independiente a cada PST y es contratado por estos. Dicha entidad es elegida a través del comité consultivo en materia de portabilidad, siempre y cuando haya una opinión favorable por parte del IFT (ACUERDOa, Reglas 26 y 28, 2014). El comité es coordinado por el IFT y está integrado por los todos PSTs (ACUERDOc, Regla 2, definición XVI, 2018).

Para la elección del ABD, el IFT publica en su portal de Internet la correspondiente invitación para la presentación de ofertas dirigida a proveedores de soluciones para la administración de la base de datos de portabilidad, en la cual se solicitan entre otros, los requisitos jurídicos y económicos, la propuesta de requerimientos técnicos a implementar, así como el plan de transición para migrar

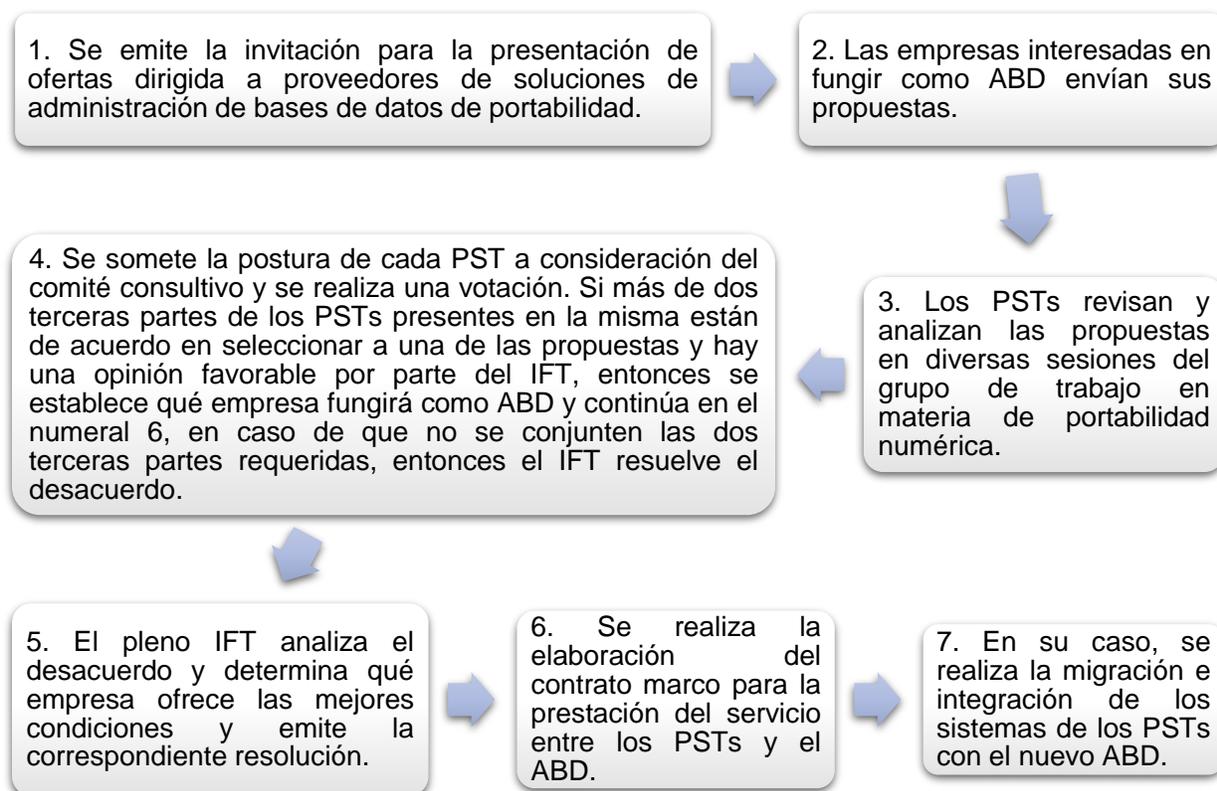
la solución del ABD que en ese momento se encuentre en función a la nueva plataforma (IFT, 2018a).

Una vez presentadas las propuestas por las empresas interesadas, estas son analizadas por los PSTs en diversas sesiones del grupo de trabajo en materia de portabilidad numérica, para posteriormente en una sesión de comité llevar a cabo la elección correspondiente. En la sesión de comité, además de que al menos dos terceras partes de los PSTs presentes deben estar de acuerdo, debe haber una opinión favorable por parte del IFT para que sea procedente la contratación con la empresa seleccionada. En caso de desacuerdo, el asunto se somete a consideración del IFT y es quien debe resolver al respecto (ACUERDOc, Regla 8, párr. 2, 2018). Ejemplo de ello fue en 2018, cuando el pleno del IFT resolvió el desacuerdo sobre la elección de la empresa que fungiría como ABD en el país (Resolución mediante la cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones resuelve el desacuerdo sobre la elección de la empresa que fungirá como Administrador de la Base de Datos de portabilidad en México (en lo sucesivo, RESOLUCIÓNb), 2018). En la resolución publicada por dicho organismo, se señaló que durante las 8 sesiones del grupo de trabajo en materia de portabilidad en las que los PSTs analizaron las propuestas de las empresas interesadas, así como en la correspondiente sesión del comité, el resultado de la votación no logró alcanzar el mínimo establecido al contar con 17 votos por la empresa denominada Mediafon Datapro y 10 votos por la empresa Iconectiv (la cual se desempeñaba en ese entonces como ABD). Ante dicha situación, resolvió lo siguiente:

...atendiendo a las propias consideraciones realizadas por los PST en el seno del Comité respecto de las propuestas presentadas por las empresas interesadas en prestar servicios como ABD en México, la propuesta presentada por Mediafon Datapro ofrece condiciones técnicas y económicas más favorables para los PST, en el marco del proceso de portabilidad numérica en el país. (RESOLUCIÓNb, 2018, pág. 15)

Una vez que se determina a la empresa que fungirá como ABD, los PSTs elaboran y suscriben el contrato marco para establecer la relación contractual correspondiente. La estructuración de dicho contrato, requiere de diversas sesiones de trabajo con la finalidad de sentar las bases bajo las cuales se regirá la interacción del ABD con los PSTs, y contempla entre otros, las obligaciones del ABD; contraprestaciones, forma y condiciones de pago; propiedad de la información; obligaciones de los PSTs; penas convencionales; confidencialidad; y relación con el IFT (ACUERDOa, Regla 29, fracciones III, VI, VII, IX, X, XVII, XXIV y XXV, 2014). Concluido lo anterior, se realiza la migración e integración de los sistemas de los PSTs con el nuevo ABD en caso de corresponder a un administrador distinto al que se encuentre en ese momento en operación.

En resumen, el proceso de elección del ABD se lleva a cabo de conformidad con lo indicado en la Figura 2:



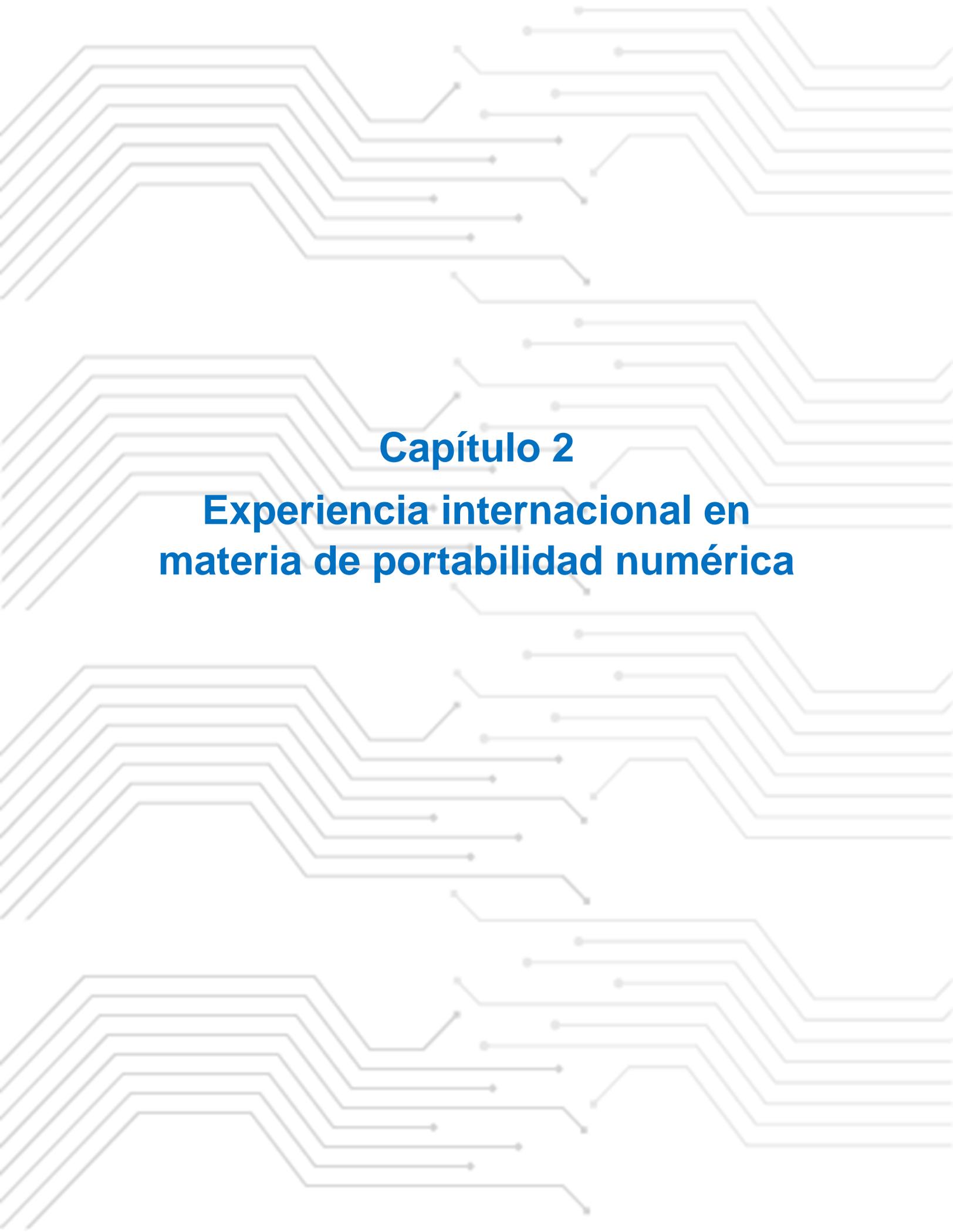
**Figura 2.** *Proceso de elección del ABD.*

Fuente: Elaboración propia con información de las reglas de portabilidad numérica del IFT emitidas en 2014 y sus modificaciones de 2018.

## **1.5 Conclusiones del capítulo**

La solución para la portabilidad numérica implementada actualmente en el país correspondiente al mecanismo de enrutamiento ACQ, implica la existencia de una entidad centralizada denominada ABD, la cual para poder brindar sus servicios, en primera instancia debe pasar por un elaborado proceso de elección y contratación en el que intervienen tanto los PSTs como el IFT. Una vez que se encuentra operando, esta participa de manera relevante dentro del proceso de portabilidad numérica junto con otros actores como el proveedor receptor, el proveedor donador y el mismo usuario de la línea telefónica quien detona como tal el proceso; pero realizando una serie de validaciones que son determinantes para decidir el estado final de una solicitud de portabilidad, esto es, si el o los números contenidos en la misma están listos para programarse o no para ser portados a otra compañía telefónica. Aunado a lo anterior, dicha entidad tiene a su cargo importantes funciones como "...la comunicación de los cambios de PST y la coordinación de la sincronía de la actualización de las Bases de Datos de Portabilidad involucradas en el cambio..." (IFT, 2018a, párr. 6).

Es por ello que, derivado de la alta injerencia que tiene el ABD dentro del proceso de portabilidad y de que su participación en el mismo podría dar lugar a fallas o errores, se desprende la necesidad de buscar alternativas a dicho esquema en las se pueda prescindir de este y de esta manera se logre una comunicación directa entre los PSTs quienes a través de las reglas establecidas por el regulador, ejecuten la serie de validaciones necesarias para llevar a cabo la portabilidad de números, lleguen a acuerdos y registren los cambios de compañía de dichos números entre ellos mismos.



**Capítulo 2**  
**Experiencia internacional en  
materia de portabilidad numérica**

## Capítulo 2 Experiencia internacional en materia de portabilidad numérica

### 2.1 Ecuador

En 2008,

La Asamblea Constituyente de Ecuador, mediante Mandato Constituyente No. 10...resolvió implementar en el Ecuador, la Portabilidad Numérica en los servicios móviles y estableció que *“todo abonado de los servicios de telecomunicaciones tiene el derecho a mantener su número telefónico móvil, aun cuando cambie de red, servicio o empresa operadora”*.

En ese sentido, el extinto Consejo Nacional de Telecomunicaciones CONATEL aprobó mediante Resolución 448-CONATEL-2008...el Reglamento para la aplicación de la Portabilidad Numérica en la Telefonía Móvil y en ese mismo año mediante Resolución 642-24-CONATEL-2008...aprobó las especificaciones técnicas y operativas para la implementación de la portabilidad numérica en la telefonía móvil... (Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones [ARCOTEL], 2015, pág. 2)

Posteriormente en 2015, la Ley orgánica de telecomunicaciones de Ecuador estableció en el numeral 15 del artículo 22 como derechos de los abonados, clientes y usuarios; la portabilidad numérica y a conservar su número en el caso de servicios de telecomunicaciones que usaran recurso numérico (Ley Orgánica de Telecomunicaciones, 2015) y en 2019, la Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones (en lo sucesivo, ARCOTEL) expidió la norma técnica de portabilidad móvil, la cual establece que:

El encaminamiento de llamadas y mensajes de texto SMS a números portados dentro del territorio nacional se regirá por el principio de “Consulta de Todas las Llamadas” (“ALL Call Query”). Para tal efecto se establecerá una Base Centralizada de Datos (BCD), que contendrá la información necesaria de los números portados, la misma que será administrada por un tercero independiente, y formará parte del Sistema Central de Portabilidad (SCP), a la cual se enlazarán todos los Prestadores de Servicios de Telefonía Móvil con asignación numérica, los cuales contarán además con su propia Base de Datos de Portabilidad (BDP), que deberá estar permanentemente actualizada a partir de aquella contenida en la Base Centralizada de Datos... (Resolución N° ARCOTEL-2019-0006 Expídese la Norma Técnica de Portabilidad Móvil (en lo sucesivo, RESOLUCIÓNc), 2019, pág. 12)

Asimismo, señala la presencia de un sistema central de portabilidad (en lo sucesivo, SCP) el cual controla los procesos para hacer posible la portabilidad a través de la base centralizada de datos (en lo sucesivo, BCD) y la BDP, así como también la presencia de un administrador del SCP (en lo sucesivo, ASCP) (RESOLUCIÓNc, 2019, pág. 10). Este último, está a cargo de “la operación, gestión, seguridad, confidencialidad, e integridad del Sistema Central de Portabilidad, la comunicación de los cambios de prestador del servicio...y la coordinación de la sincronía de la actualización de las Bases de Datos de Portabilidad involucradas en el cambio” (RESOLUCIÓNc, 2019, pág. 9).

El proceso para ejecutar la portabilidad no puede durar más de 2 días hábiles y da inicio con la solicitud del abonado/cliente al prestador receptor del número. Los prestadores del servicio móvil pueden implementar la recepción de solicitudes de portabilidad mediante medios electrónicos. Para usuarios del servicio prepago, el NIP de confirmación es uno de los elementos que el ASCP utiliza para validar y

confirmar la solicitud de portabilidad que el prestador receptor le envíe. (RESOLUCIÓNc, 2019, págs. 11, 30, 33).

“Las solicitudes de portabilidad recibidas entre las 09h00 y 18h00 horas de lunes a viernes, siempre que estos correspondan a días hábiles, serán tramitadas dentro del mismo día” (RESOLUCIÓNc, 2019, pág. 32) y la interrupción del servicio debe ser máximo de 180 minutos (RESOLUCIÓNc, 2019, pág. 12).

Bajo ninguna circunstancia, podrán establecerse o exigirse pagos por cargos específicos por la portabilidad numérica para el abonado/cliente efectivamente portado, hasta por dos veces en el año calendario. A partir de la tercera portación efectiva por línea en el mismo año calendario, el prestador receptor podrá cobrar al abonado/cliente como máximo el valor de una transacción de portabilidad convenido entre el prestador de servicios...y el ASCP... (RESOLUCIÓNc, 2019, pág. 13)

Los usuarios pueden solicitar el proceso de reversión “...ante el Prestador Receptor o ante el Prestador Donante sustentando que la portabilidad se llevó a cabo sin su consentimiento, o por el Prestador Donante con el sustento de que existió un error dentro del proceso de portabilidad...” (RESOLUCIÓNc, 2019, pág. 38).

En el Cuadro 5, se muestra un resumen de los principales aspectos de la portabilidad numérica en Ecuador.

Portabilidad numérica en Ecuador	
<b>Documentos normativos</b>	Mandato Constituyente, 2008. Resolución N° ARCOTEL-2019-0006 Expídense la Norma Técnica de Portabilidad Móvil, 2019.
<b>Servicios</b>	Móvil.
<b>Tipo de solución</b>	ACQ.
<b>Utilización de bases de datos</b>	BCD: administrada por el ASCP, contiene la información necesaria para el enrutamiento

	de comunicaciones hacia números portados.  BDP: propiedad de cada prestador del servicio, contiene la información necesaria para el enrutamiento de las comunicaciones y se obtiene de la BCD.
<b>Administrador del sistema</b>	El ASCP está a cargo de la operación, gestión, seguridad, confidencialidad, e integridad del SCP, la comunicación de los cambios de prestador del servicio y la coordinación de la sincronía de la actualización de las BDP involucradas en el cambio.
<b>Tiempo de ejecución</b>	Máximo 2 días hábiles.
<b>Costo para el usuario</b>	La portabilidad es gratuita hasta la segunda portación efectiva dentro de un año calendario. A partir de la tercera portación, las operadoras pueden o no cobrar un valor aprobado por el organismo regulador.
<b>Estudios o análisis sobre el posible uso de la tecnología <i>blockchain</i> para su futura implementación</b>	No se encontró información al respecto.

**Cuadro 5.** *Principales aspectos de la portabilidad numérica en Ecuador.*  
Fuente: Elaboración propia con información de la ARCOTEL.

## 2.2 República Dominicana

En la República Dominicana “La portabilidad numérica es el derecho que tienen los usuarios de servicios de telecomunicaciones a conservar su número de teléfono cuando cambian de prestador de servicio telefónico fijo o móvil” (Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones [INDOTEL], s.f.-a, párr. 1).

En 2006 el Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones (en lo sucesivo, INDOTEL) aprobó el reglamento relativo a la portabilidad numérica (Resolución No. 156-06 Que aprueba el Reglamento General de Portabilidad Numérica, 2006), el cual fue modificado en 2008 y 2015 (Resolución No. 065-08 Que modifica los artículos 4.2 y 5.3 del Reglamento General de Portabilidad Numérica y aprueba las

Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas establecidas en el indicado Reglamento (en lo sucesivo, RESOLUCIÓNd), 2008; Resolución No. 015-15 Que aprueba las modificaciones al Reglamento General de Portabilidad Numérica y las Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas para la Portabilidad Numérica en la República Dominicana, 2015 (en lo sucesivo, RESOLUCIÓNe)). Dicho reglamento señala que,

...El encaminamiento de llamadas a números portados dentro del territorio nacional se regirá por el principio de “Consulta de todas las llamadas” (“All Call Query”).

...Cualquier prestadora del servicio público telefónico que origine una llamada o SMS deberá consultar la base de datos de números portados y, en caso de que esté portado, encaminar la llamada hacia el prestador receptor de dicha numeración... (RESOLUCIÓNe, 2015, págs. 32-33)

Asimismo, establece que el sistema que controla los procesos para llevar a cabo la portabilidad a través de la centralización de la base de datos con los números portados es el SCP (RESOLUCIÓNe, 2015, pág. 31). El administrador del SCP

...será un ente neutral que gestione la base de datos de referencia de todos los números portados y que intermedie en las transacciones administrativas relativas a solicitudes de portabilidad entre los prestadores de servicio.

...La base de datos de números portados integrada en el Sistema Central de Portabilidad contendrá todos los números portados de forma actualizada... (RESOLUCIÓNe, 2015, pág. 33)

A través de la modificación al reglamento de 2008 señalado anteriormente, también se aprobaron las especificaciones técnicas de red y administrativas para la portabilidad numérica (RESOLUCIÓNd, 2008), las cuales fueron modificadas en 2009 y 2015 (Resolución No. 015-09 Que dispone la modificación de los numerales

6 y 7 de las Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas que regirán la Portabilidad Numérica en el país, aprobadas mediante la Resolución No. 065-08 del Consejo Directivo del INDOTEL, y otras medidas, 2009; RESOLUCIÓNe, 2015). Estas especificaciones señalan que el SCP gestiona tanto la base de datos de referencia (en lo sucesivo, BDR), la cual contiene todos los números portados y sus números de enrutamiento de ubicación (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, LRN) asociados; como la base de datos de transacciones (en lo sucesivo, BDT), la cual incluye un registro histórico de todas las transacciones de mensajes y datos asociados a un proceso de portabilidad (RESOLUCIÓNe, 2015, pág. 39).

...Cada prestador ha de disponer de unos datos internos, replicados del Sistema Central, que son los utilizados para la compleción de llamadas a numeración portada. Las bases de datos internas del prestador son alimentadas por la base de datos general. Periódicamente, cada prestador accede a la base de datos general y realiza una descarga de la numeración portada... (RESOLUCIÓNe, 2015, pág. 63)

El proceso de portabilidad inicia siempre a solicitud expresa del usuario titular de la línea ante el prestador receptor y la ventana de cambio debe realizarse durante los días laborales de 2:00 a 6:00 a. m. (RESOLUCIÓNe, 2015, págs. 42-44). “Para servicios móviles, el proceso de portabilidad puede durar entre 1 y 2 días y para servicios fijos 7 días aproximadamente, por lo que la efectividad del proceso dependerá de las acciones necesarias a ejecutar” (INDOTEL, “¿Qué tiempo aproximadamente dura la portabilidad?”, s.f-b, párr. 1).

En un inicio se les otorgó a las concesionarias de servicios públicos de telefonía fija y móvil, poder realizar la recaudación de la cuota regulatoria a pagar por cada usuario para la recuperación de la inversión en capital fijo para la implementación de la portabilidad numérica establecida en \$80 pesos dominicanos, sin embargo, esto fue limitado a un plazo máximo de 9 meses contados a partir de la entrada en vigor de la medida regulatoria (Resolución No. 080-09 Que decide la recuperación de los costos de inversión de adecuaciones de redes y sistemas para

hacer operativa la portabilidad numérica de las prestadoras de servicios públicos de telecomunicaciones, 2009).

La portabilidad numérica entró en vigor en 2009 y con ello se fortaleció el derecho de los usuarios a elegir su prestador de servicios de telefonía fija o móvil (INDOTEL, s.f.-a), de conformidad con lo establecido en la Ley General de las Telecomunicaciones relativo a garantizar el derecho del usuario de seleccionar al prestador del servicio de telecomunicaciones de su conveniencia (Ley General de las Telecomunicaciones No. 153-98, Artículo 3, inciso c, 1998).

En el Cuadro 6, se muestra un resumen de los principales aspectos de la portabilidad numérica en República Dominicana.

<b>Portabilidad numérica en República Dominicana</b>	
<b>Documentos normativos</b>	Ley General de las Telecomunicaciones No. 153-98.
	Resolución No. 156-06 Que aprueba el Reglamento General de Portabilidad Numérica, 2006.
	Resolución No. 065-08 Que modifica los artículos 4.2 y 5.3 del Reglamento General de Portabilidad Numérica y aprueba las Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas establecidas en el indicado Reglamento, 2008.
	Resolución No. 015-09 Que dispone la modificación de los numerales 6 y 7 de las Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas que regirán la Portabilidad Numérica en el país, aprobadas mediante la Resolución No. 065-08 del Consejo Directivo del INDOTEL, y otras medidas, 2009.
	Resolución No. 080-09 Que decide la recuperación de los costos de inversión de adecuaciones de redes y sistemas para hacer operativa la portabilidad numérica de las prestadoras de servicios públicos de telecomunicaciones, 2009.
	Resolución No. 015-15 Que aprueba las modificaciones al Reglamento General de

	Portabilidad Numérica y las Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas para la Portabilidad Numérica en la República Dominicana, 2015.
<b>Servicios</b>	Fijo y móvil.
<b>Tipo de solución</b>	ACQ.
<b>Utilización de bases de datos</b>	<p>BDR: gestionada por el SCP, contiene todos los números portados y sus LRN asociados.</p> <p>BDT: gestionada por el SCP, incluye un registro histórico de todas las transacciones de mensajes y datos asociados a un proceso de portabilidad.</p> <p>Cada prestador dispone de unos datos internos, replicados del sistema central. Las bases de datos internas del prestador son alimentadas por la base de datos general.</p>
<b>Administrador del sistema</b>	Administrador del SCP: gestiona la base de datos de referencia de todos los números portados e intermedia entre los prestadores de servicio.
<b>Tiempo de ejecución</b>	<p>Servicio móvil: puede durar entre 1 y 2 días.</p> <p>Servicio fijo: 7 días aproximadamente.</p>
<b>Costo para el usuario</b>	Durante máximo 9 meses contados a partir de la entrada en vigor de la portabilidad numérica en 2009, las concesionarias pudieron cobrar \$80 pesos dominicanos.
<b>Estudios o análisis sobre el posible uso de la tecnología <i>blockchain</i> para su futura implementación</b>	No se encontró información al respecto.

**Cuadro 6.** Principales aspectos de la portabilidad numérica en República Dominicana.

Fuente: Elaboración propia con información del INDOTEL.

## 2.3 Chile

En 2010, a través de la Ley 20.471 se dio origen a la portabilidad numérica en Chile, la cual consagró el derecho de los usuarios de telefonía a cambiarse de compañía conservando su número. Dicha Ley, estableció la obligatoriedad de la implementación del sistema de portabilidad de números telefónicos por parte de las empresas de telefonía fija, móvil y de voz sobre Internet (SUBTEL, s.f.-a). La implementación técnica se llevó a cabo a través del establecimiento de una base de datos única y centralizada de números portados (Ley Núm. 20.471 Crea Organismo Implementador para la Portabilidad Numérica, 2010).

Posteriormente, en ese mismo año se promulgó el Decreto 379 a través del cual se establecieron las obligaciones para el sistema de portabilidad y en cuyo contenido, se estipuló que la administración, gestión y operación centralizada del proceso de portabilidad numérica estaría a cargo de un organismo administrador de la portabilidad (en lo sucesivo, OAP). Dicho OAP dispondría de una base de datos de administración de la numeración telefónica (en lo sucesivo, BANT) con el objeto de poder llevar a cabo el proceso; esta base de datos corresponde a un conjunto de información organizada a partir de la cual se generan diversas tablas de información (Decreto 379: Reglamento que establece las obligaciones para el adecuado funcionamiento del sistema de portabilidad de números telefónicos (en lo sucesivo, DECRETOa), Artículo 1, 2010). Estas tablas consisten en:

Tabla de Encaminamiento de Portabilidad (TEP): Conjunto de información necesaria para el correcto encaminamiento de todas las llamadas telefónicas, que el OAP actualiza diariamente y que pone a disposición de las concesionarias del servicio público telefónico local, móvil, del mismo tipo y portadores antes de la Ventana de Cambio.

Tabla de Encaminamiento de Portabilidad Propia (TEPP): Conjunto de información necesaria para el correcto encaminamiento de todas las llamadas telefónicas que gestionan y administran directamente las

concesionarias del servicio público telefónico local, móvil, del mismo tipo y portadores, que corresponde a una copia de la TEP y cuya responsabilidad de actualización permanente recae en las mencionadas Proveedoras.

Tabla de Portabilidad Diaria (TPD): Conjunto de información que se almacena en el OAP relacionada con todas las activaciones de solicitudes de portabilidad realizadas por los requirentes durante el transcurso de un día. A partir de esa tabla se alimenta la TEP. (DECRETOa, Artículo 1, inciso a 2010)

El OAP es responsable del sistema de gestión de portabilidad y corresponde a una "...Aplicación informática que lleva a cabo todo el proceso de administración, gestión y explotación de la portabilidad numérica..." (DECRETOa, Artículo 1, inciso b, 2010).

Por otro lado, en el Decreto 16 de 2011 se señaló que "...La infraestructura de software y hardware del OAP deberá permitir cumplir adecuadamente con todos aquellos procesos, fases, etapas y/o aspectos procedimentales para la implementación y ejecución exitosa de la portabilidad del número telefónico, de acuerdo con el modelo "All Call Query"..." (Decreto 16: Reglamento que establece el procedimiento de licitación para designar al Organismo Administrador de la Portabilidad Numérica y todos los aspectos relativos a su instalación, organización, funcionamiento y condiciones económicas respecto de las transacciones asociadas a la portabilidad, Artículo 15, 2011).

Los usuarios que requieran ejercer su derecho a la portabilidad deben solicitarlo ante el proveedor con quien desean realizar el cambio (DECRETOa, Artículo 6, 2010). Existen dos mecanismos para realizar la solicitud de portabilidad numérica: de manera presencial o a través de la página de Internet de la empresa a la que se quiere realizar el cambio (SUBTEL, "¿Dónde puedo solicitar la portabilidad de mi número", s.f-b, párr. 1). "Las empresas no cobran por la portabilidad. Sin embargo, de acuerdo al tipo de servicio que se contrata, puede haber costos que deben ser equivalentes a los que se incurre al contratar el mismo

servicio sin portabilidad” (SUBTEL, “¿Qué costo tiene la portabilidad?”, s.f.-b, párr. 1). Para el caso de los números de telefonía fija, el plazo de ejecución de la portabilidad numérica depende del plazo de instalación. Una vez que la empresa informa que esta ha quedado finalizada, el número debería quedar portado al día hábil siguiente. Para el caso de los números móviles, la portabilidad debería ser concretada al día hábil<sup>5</sup> siguiente al que esta fue solicitada. Durante el proceso técnico de portabilidad, el cual se lleva a cabo entre las 3 a. m. y las 5 a. m., el usuario puede tener no disponible el servicio durante algunos minutos (SUBTEL, s.f.-b).

En el Cuadro 7, se muestra un resumen de los principales aspectos de la portabilidad numérica en Chile.

<b>Portabilidad numérica en Chile</b>	
<b>Documentos normativos</b>	<p>Ley Núm. 20.471 Crea Organismo Implementador para la Portabilidad Numérica, 2010.</p> <p>Decreto 379: Reglamento que establece las obligaciones para el adecuado funcionamiento del sistema de portabilidad de números telefónicos, 2010.</p> <p>Decreto 16: Reglamento que establece el procedimiento de licitación para designar al Organismo Administrador de la Portabilidad Numérica y todos los aspectos relativos a su instalación, organización, funcionamiento y condiciones económicas respecto de las transacciones asociadas a la portabilidad, 2011.</p>
<b>Servicios</b>	Fijo, móvil y voz sobre Internet.
<b>Tipo de solución</b>	ACQ.
<b>Utilización de bases de datos</b>	BANT: conjunto de información organizada de la que dispone el OAP con objeto de llevar a cabo el proceso de portabilidad numérica.

<sup>5</sup> Se consideran como hábiles de lunes a sábado, excepto los festivos (SUBTEL, s.f.-b), de conformidad con las disposiciones legales y/o administrativas que según apliquen.

	A partir de ella se generan las tablas TEP, que contiene información para el encaminamiento de todas las llamadas y es actualizada por el OAP; TEPP, que contiene información para el encaminamiento de llamadas y es administrada por las concesionarias; y TPD, que contiene información que se almacena en el OAP de las activaciones de solicitudes de portabilidad registradas en el transcurso de un día.
<b>Administrador del sistema</b>	OAP: tiene a su cargo la administración, gestión y operación centralizada del proceso de portabilidad numérica.
<b>Tiempo de ejecución</b>	Servicio fijo: depende del plazo de instalación. Una vez que la empresa informa que la instalación ha quedado finalizada, el número debería quedar portado al día hábil siguiente.  Servicio móvil: debería ser concretada al día hábil siguiente al que fue solicitada.
<b>Costo para el usuario</b>	Las empresas no cobran por la portabilidad, sin embargo, de acuerdo con el tipo de servicio que se contrata puede haber costos que deben ser equivalentes a los que se incurre al contratar el mismo servicio sin portabilidad.
<b>Estudios o análisis sobre el posible uso de la tecnología <i>blockchain</i> para su futura implementación</b>	No se encontró información al respecto.

**Cuadro 7.** *Principales aspectos de la portabilidad numérica en Chile.*  
Fuente: Elaboración propia con información del MTT y la SUBTEL.

## 2.4 Colombia

En Colombia, la Ley 1245 de 2008 estableció la obligación de implementar la portabilidad numérica, “entendida ésta como la posibilidad del usuario de conservar su número telefónico sin deterioro de la calidad y confiabilidad, en el evento de que cambie de operador...” (Ley No. 1245 Por medio de la cual se establece la

obligación de implementar la portabilidad numérica y se dictan otras disposiciones, Artículo 1, 2008).

Por lo anterior, la Comisión de Regulación de Comunicaciones (en lo sucesivo, CRC) a través de la resolución 2355 estableció las condiciones para la implementación y operación de la portabilidad numérica móvil (Resolución No. 2355 Por la cual se establecen las condiciones para la implementación y operación de la Portabilidad Numérica para telefonía móvil en Colombia, 2010), la cual posteriormente fue compilada en el Capítulo 6 del Título II de la Resolución CRC 5050 (Resolución No. 5050 Por la cual se compilan las Resoluciones de Carácter General vigentes expedidas por la Comisión de Regulación de Comunicaciones (en lo sucesivo, RESOLUCIÓNf), 2016) y modificada mediante las resoluciones CRC 5111, CRC 5586 y CRC 5929 (Resolución 5111 Por la cual se establece el Régimen de Protección de los Derechos de los Usuarios de Servicios de Comunicaciones, se modifica el Capítulo 1 del Título II de la Resolución CRC 5050 de 2016 y se dictan otras disposiciones, 2017; Resolución No. 5586 Por la cual se eliminan normas en desuso del marco regulatorio expedido por la Comisión de Regulación de Comunicaciones (en lo sucesivo, RESOLUCIÓNg), 2019; Resolución 5929 Por la cual se modifican algunas disposiciones del régimen de Portabilidad Numérica Móvil y se deroga la compensación automática por deficiencias en la prestación del servicio de voz a través de redes móviles (en lo sucesivo, RESOLUCIÓNh), 2020).

En la resolución 5929 se señala la adopción del esquema ACQ, en el que se utiliza una BDA centralizada, y se dispone de bases de datos operativas (en lo sucesivo, BDO) a cargo de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones (RESOLUCIÓNh, 2020, pág. 9). La BDA contiene, al menos, la información necesaria para el enrutamiento de comunicaciones hacia números portados, y se actualiza de conformidad con el proceso de portación; la BDO es administrada por un determinado proveedor de servicios de telecomunicaciones y contiene la información necesaria para el enrutamiento de las comunicaciones hacia números portados, la cual es obtenida desde la BDA (RESOLUCIÓNf, 2016, pág. 9).

El ABD es un tercero neutral e independiente de los proveedores de redes y servicios de telecomunicaciones y se encarga de la implementación, operación, seguridad, mantenimiento e integridad de la BDA, la comunicación de los cambios de proveedor, así como la coordinación de la sincronía de la actualización de las BDO (RESOLUCIÓNg, 2019, pág. 15).

...El Proceso de Portación se inicia con la entrega de la Solicitud de Portación por parte del Usuario al Proveedor Receptor. La Solicitud de Portación puede hacerse por escrito, personalmente o a través de la línea telefónica de atención al cliente... (RESOLUCIÓNf, 2016, pág. 108)

Si el usuario presenta su solicitud de portabilidad en un horario de 8 a. m. a 3 p. m. de lunes a viernes, el número debe ser programado en la ventana de cambio del día hábil siguiente o, en su caso, puede elegir el día hábil a partir del cual se hará efectiva la portación. En caso de que la solicitud de portación no haya sido realizada en una oficina de atención al cliente, el número debe ser programado en la ventana de cambio del día hábil siguiente en el que el usuario haya recibido la tarjeta SIM correspondiente, caso en el que el tiempo entre la presentación de la solicitud y la portación efectiva no puede ser mayor a 3 días hábiles (RESOLUCIÓNh, 2020, pág. 6). “El proveedor receptor puede cobrar al usuario una tarifa por el servicio de portación, que corresponde a los costos de operación y administración derivados del Proceso de Portación, la cual podrá ser asumida por dicho Proveedor” (RESOLUCIÓNf, 2016, pág. 112).

En el Cuadro 8, se muestra un resumen de los principales aspectos de la portabilidad numérica en Colombia.

Portabilidad numérica en Colombia	
<b>Documentos normativos</b>	<p>Ley No. 1245 Por medio de la cual se establece la obligación de implementar la portabilidad numérica y se dictan otras disposiciones, 2008.</p> <p>Resolución No. 2355 Por la cual se establecen las condiciones para la</p>

	<p>implementación y operación de la Portabilidad Numérica para telefonía móvil en Colombia, 2010.</p> <p>Resolución No. 5050 Por la cual se compilan las Resoluciones de Carácter General vigentes expedidas por la Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2016.</p> <p>Resolución 5111 Por la cual se establece el Régimen de Protección de los Derechos de los Usuarios de Servicios de Comunicaciones, se modifica el Capítulo 1 del Título II de la Resolución CRC 5050 de 2016 y se dictan otras disposiciones, 2017.</p> <p>Resolución No. 5586 Por la cual se eliminan normas en desuso del marco regulatorio expedido por la Comisión de Regulación de Comunicaciones, 2019.</p> <p>Resolución 5929 Por la cual se modifican algunas disposiciones del régimen de Portabilidad Numérica Móvil y se deroga la compensación automática por deficiencias en la prestación del servicio de voz a través de redes móviles, 2020.</p>
<b>Servicios</b>	Móvil.
<b>Tipo de solución</b>	ACQ
<b>Utilización de bases de datos</b>	<p>BDA: Administrada por el ABD, contiene como mínimo la información necesaria para el enrutamiento de comunicaciones hacia números portados.</p> <p>BDO: Administrada por los proveedores de servicios de telecomunicaciones, contiene información necesaria para el enrutamiento de las comunicaciones hacia números portados y es obtenida desde la BDA.</p>
<b>Administrador del sistema</b>	El ABD tiene a su cargo la implementación, operación, seguridad, mantenimiento e integridad de la BDA, la comunicación de los cambios de proveedor de redes y servicios de telecomunicaciones por parte de los usuarios y la coordinación de la sincronía de la actualización de las BDO.

<p><b>Tiempo de ejecución</b></p>	<p>Si el usuario solicita la portación dentro del horario establecido en día hábil, el número deberá ser activado en la ventana de cambio del día hábil siguiente.</p> <p>En caso de que la solicitud de portación no haya sido realizada en una oficina de atención al cliente, el número debe ser programado en la ventana de cambio del día hábil siguiente en el que el usuario haya recibido la tarjeta SIM correspondiente, caso en el que el tiempo entre la presentación de la solicitud y la portación efectiva no puede ser mayor a 3 días hábiles.</p>
<p><b>Costo para el usuario</b></p>	<p>El proveedor receptor puede cobrar al usuario una tarifa por el servicio de portación, que corresponde a los costos de operación y administración derivados del referido servicio, o puede ser asumida por dicho proveedor.</p>
<p><b>Estudios o análisis sobre el posible uso de la tecnología <i>blockchain</i> para su futura implementación</b></p>	<p>No se encontró información al respecto.</p>

**Cuadro 8.** *Principales aspectos de la portabilidad numérica en Colombia.*  
Fuente: Elaboración propia con información de la CRC.

## 2.5 Reino Unido

De conformidad con el documento denominado “*Promoting trust in telephone numbers: First Consultation*” el cual puede ser traducido como “Fomento de la confianza en los números de teléfono: Primera consulta”, el Reino Unido fue de los primeros países en introducir en 1996 la portabilidad numérica al cambiar de proveedor del servicio fijo y en 1999, la introdujo para el cambio de proveedor del servicio móvil (Office of Communications [OFCOM], 2019, pág. 16; el nombre puede ser traducido como “Oficina de Comunicaciones”).

Los artículos 51 y 58 de la Ley de Comunicaciones de 2003, señalan las facultades que permiten a OFCOM establecer condiciones para exigir a los

proveedores de comunicaciones la portabilidad numérica (OFCOM, 2018a), y es a través del documento “*General Conditions of Entitlement*” el cual puede ser traducido como “Condiciones generales del otorgamiento del derecho”, que dicho organismo establece las reglas que los proveedores de comunicaciones deben seguir cuando los usuarios fijos o móviles solicitan cambiar de proveedor de servicios (General Conditions of Entitlement, 2020).

El instrumento indicado anteriormente, mandata que los proveedores regulados deben garantizar que el proceso de portabilidad numérica móvil y su posterior activación, se complete en el plazo de un día hábil<sup>6</sup> (a menos de que el usuario del servicio móvil haya acordado aplazar el proceso a una fecha posterior) y en los demás casos, se lleve a cabo también en un día hábil una vez que se hayan completado todos los procesos de validación necesarios, la conexión esté lista para ser utilizada por el usuario y el proveedor donador haya recibido del proveedor receptor una solicitud de activación de la portabilidad de esos números. El proveedor receptor solicitará la transferencia al proveedor donador tan pronto como sea razonablemente posible, después de recibir la solicitud del usuario (General Conditions of Entitlement, 2020, pág. 18). Asimismo, establece que todo cargo directo a los usuarios por la provisión de la portabilidad no debe actuar como un desincentivo para que estos cambien de proveedor del servicio (General Conditions of Entitlement, 2020, pág. 19).

Por otro lado, en el documento “Fomento de la confianza en los números de teléfono: Primera consulta” indicado anteriormente, también se señala que el proceso de portabilidad fija es administrado por el proveedor de receptor. Este, hace una solicitud de portabilidad (a veces respaldado por una carta de autorización escrita por el usuario) al proveedor donador para que cese el servicio que le presta y se lleve a cabo la portación del número. El proveedor donador comprueba que los detalles de la solicitud sean correctos y coinciden con los registros de sus usuarios y luego la acepta o rechaza. Una vez aceptada, el proveedor receptor programa la portación. El proceso de portabilidad para el servicio fijo de telefonía difiere al del

---

<sup>6</sup> Horario entre las 09:00 y las 17:00 de lunes a viernes, con la excepción de los días festivos (General Conditions of Entitlement, 2020, pág. 88).

servicio de telefonía móvil, ya que este último está documentado y alojado en una página de Internet dirigida por las empresas de telefonía móvil denominada “portabilidad numérica móvil” (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, MNP) “grupo directivo de operadores” (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, OSG). El OSG es un foro en el que los miembros se reúnen y acuerdan los mecanismos detallados para proporcionar la portabilidad móvil de manera regulada. En general, el proceso de portación móvil comienza con la obtención del código de autorización de portabilidad (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, PAC<sup>7</sup>) por parte del usuario, el cual es válido por 30 días. El proveedor receptor utiliza el PAC proporcionado por el usuario para configurar la activación a través de la página de Internet central de la MNP (OFCOM, 2019, págs. 18-19).

Los operadores fijos y móviles utilizan sus propias bases de datos de portabilidad combinadas con el esquema OR para el reenvío de las llamadas a los números portados (Indesteege, 2015) y los acuerdos de enrutamiento para permitir la portabilidad se establecen sobre una base bilateral entre los operadores de telecomunicaciones (OFCOM, 2019, pág. 20).

En 2018, OFCOM publicó en su portal de Internet los inicios de una investigación con el fin de conocer cómo la tecnología *blockchain* podría ayudar a gestionar los números del servicio fijo de telefonía del Reino Unido. Para poder llevarla a cabo, recibió 700 mil libras del Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial. Según señalan, esta tecnología les permitiría crear transacciones (en este caso, la portabilidad del usuario) entre las partes y gestionar el ciclo de vida de un número telefónico, transformando los datos para facilitar el enrutamiento de las llamadas de voz. Transitar a la tecnología *blockchain* tendría beneficios potenciales como: mejorar de la experiencia del cliente al trasladar un número entre proveedores; menores costos regulatorios y comerciales; mayor agilidad de la industria, y una gestión más eficaz de las llamadas no deseadas y el fraude (OFCOM, 2018b).

---

<sup>7</sup> Código único que se utiliza para indicar el consentimiento del proveedor donador para que el usuario tenga derecho a solicitar y a hacer que su número móvil sea transferido a otro proveedor de comunicaciones (General Conditions of Entitlement, 2020, pág. 81).

En este sentido, algunos operadores de telecomunicaciones del Reino Unido como BT, proporcionaron consultoría y conocimientos especializados sobre la portación de números, así como también realizaron aportaciones de diseño para evaluar una solución basada en la tecnología de libro mayor distribuido facilitada a través de *blockchain*, la cual tiene el potencial de cumplir con los requisitos establecidos, sin embargo, en opinión de BT, OFCOM y la industria debían mantenerse abiertos a tecnologías alternativas en caso de que se hiciera evidente que una DLT no correspondía a una solución viable (BT, 2019, pág. 3).

En el caso de estudio “*Ofcom and the use of blockchain for a common numbering database*” el cual puede ser traducido como “Ofcom y el uso de *blockchain* para una base de datos de numeración común” incluido en el documento de investigación “*The Use of Emerging Technologies for Regulation*” el cual puede ser traducido como “El uso de las tecnologías emergentes para la regulación”, se indica que el desarrollo de una solución basada en la tecnología *blockchain* para una base de datos común de numeración se apoyó en (McEntaggart et al., 2020):

- La dirección interna del proyecto y el desarrollo de su propio *software*.
- Una mezcla de desarrolladores internos y externos.
- La contratación de nuevos talentos internos (de forma temporal) con habilidades en el desarrollo de *blockchains*.
- Aprovechar la colaboración existente con la industria de las telecomunicaciones para garantizar una solución fácil de usar y pertinente. (págs. 23-24)

Asimismo, en este caso de estudio se puntualiza que OFCOM consideró inicialmente una solución de base de datos estándar y estableció comunicación con una serie de potenciales contratistas. Sin embargo, la mayoría de las soluciones en el mercado eran costosas y no se ajustaban a sus necesidades. Las soluciones externas también habrían hecho a OFCOM dependiente en lo que respecta al *software* de terceros y pudo haber dado lugar a problemas de licencias. Por consiguiente, decidió desarrollar la base de datos y su *software* de apoyo internamente. Aunque el proyecto fue dirigido por un equipo de OFCOM, se

utilizaron contratistas externos (incluyendo apoyo externo en la India) para llevar a cabo el desarrollo y para abordar restricciones de capacidad interna. No obstante que el proyecto fue dirigido por OFCOM, se percataron de que pudieron haber enfrentado menos desafíos si hubieran recurrido a un contratista externo para dirigir el proyecto desde el principio (McEntaggart et al., 2020, pág. 24; McEntaggart, Etienne, & de Paolis 2020, pág, 29).

El proceso de desarrollo fue continuamente adaptativo e iterativo, en parte porque OFCOM fue explorando una nueva tecnología y porque requería la colaboración con la industria. La realización de consultas continuas a los proveedores de telecomunicaciones y las partes interesadas eran una pieza importante del proceso. No obstante, OFCOM observó que la realización de estas consultas hacia los implicados requería mucho tiempo y que muchos de ellos no estaban familiarizados con esta tecnología. Para ayudar a resolver este problema, OFCOM creó un repositorio especial en el que las partes interesadas podían descargar el código fuente y experimentar con él para agilizar sus propias innovaciones (McEntaggart, Etienne, & de Paolis, 2020, pág. 32; McEntaggart et al., 2020, pág. 24).

OFCOM no encontró ningún obstáculo jurídico importante durante la fase de desarrollo, pero sí una posible cuestión futura referente al derecho al olvido incluido en el Reglamento General de Protección de Datos (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, GDPR). Como *blockchain* está diseñada específicamente para resistir a los cambios en la base de datos [debido a su característica de inmutabilidad], las solicitudes de eliminación de datos implicarían un reto. OFCOM consultó esto con la Oficina del Comisionado de Información (por sus siglas en inglés, ICO) y la conclusión giró en torno a que tendría que elaborar algunos instrumentos específicos utilizando técnicas como el “*data purring*” lo cual puede ser traducido como “recorte de datos”, en caso de que la plataforma (o una versión similar de ella) fuera desplegada en un escenario del mundo real. OFCOM se encuentra estudiando la evolución de los contratos inteligentes y otros casos de uso de la tecnología *blockchain* a través de diferentes mercados, para identificar cualquier otra cuestión jurídica inminente (McEntaggart et al., 2020, págs. 24-25).

Finalmente, tras una exitosa colaboración con la industria en el proyecto de prueba de concepto (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, PoC) concluida en marzo de 2020 haciendo uso de la tecnología de libro mayor distribuido *blockchain*, con la finalidad de desarrollar opciones para implementar una base de datos común de numeración, la cual contendría los detalles de qué número estaría alojado en qué red y permitiría que las llamadas se encaminaran directamente haciendo de esta manera frente al enrutamiento ineficiente de las llamadas que se presenta con el uso del esquema OR; OFCOM llegó a la conclusión de que por el momento no recomendarán el uso de la tecnología *blockchain* para la portabilidad numérica y la gestión de números (OFCOM, 2019, págs. 1, 22; OFCOM, 2020, pág. 38; Office of the Telecommunications Adjudicator [OTA2], 2020; el nombre puede ser traducido como “Oficina del Mediador de Telecomunicaciones”).

En el Cuadro 9, se muestra un resumen de los principales aspectos de la portabilidad numérica en Reino Unido.

<b>Portabilidad numérica en Reino Unido</b>	
<b>Documentos normativos</b>	Ley de Comunicaciones, 2003. Condiciones generales del otorgamiento del derecho, 2020.
<b>Servicios</b>	Fijo y móvil.
<b>Tipo de solución</b>	OR.
<b>Utilización de bases de datos</b>	Los operadores utilizan sus propias bases de datos de portabilidad.
<b>Administrador del sistema</b>	Los acuerdos para el enrutamiento de las llamadas hacia los números portados se establecen sobre una base bilateral entre los operadores de telecomunicaciones.
<b>Tiempo de ejecución</b>	Servicio móvil: 1 día hábil. Servicio fijo: 1 día hábil una vez que se hayan completado todos los procesos de validación, la conexión esté lista para ser utilizada por el usuario y el proveedor donador haya recibido del proveedor

	receptor la solicitud de activación de portabilidad.
<b>Costo para el usuario</b>	Puede haber un cargo directo a los usuarios, pero este no debe actuar como un desincentivo para que cambien de proveedor del servicio.
<b>Estudios o análisis sobre el posible uso de la tecnología <i>blockchain</i> para su futura implementación</b>	Sí, en 2018 inició una investigación que concluyó en marzo de 2020 con el fin de conocer cómo la tecnología <i>blockchain</i> podría ayudar a gestionar los números del servicio fijo de telefonía. Tras una exitosa colaboración con la industria, OFCOM llegó a la conclusión de que por el momento no recomendarán el uso de la tecnología <i>blockchain</i> para la portabilidad numérica y la gestión de números.

**Cuadro 9.** Principales aspectos de la portabilidad numérica en Reino Unido.

Fuente: Elaboración propia con información de OFCOM, OTA2 y el Departamento de Negocios, Energía y Estrategia Industrial.

## 2.6 España

En 1998, el consejo de la extinta Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones (en lo sucesivo, CMT) aprobó una resolución a través de la cual estableció el procedimiento que debían seguir los operadores de redes fijas y móviles para elaborar las soluciones técnicas de portabilidad, y para 1999, dicho organismo aprobó las especificaciones técnicas para redes fijas, en las cuales se estableció la creación de una entidad de referencia (en lo sucesivo, ER) que habría de ser compartida por los operadores (Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones [CMT], 1999).

Desde la Ley 32/2003 General de Telecomunicaciones, se estableció que los operadores que explotaran redes públicas de telefonía o prestaran servicios telefónicos al público garantizarían a los usuarios conservar, previa solicitud, sus números con independencia del operador que prestara el servicio (Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones, 2003) y fue hasta la Ley 9/2014, General de Telecomunicaciones en la que se estableció como un derecho

...al cambio de operador, con conservación de los números del plan nacional de numeración telefónica en los supuestos en que así se contemple en el plazo máximo de un día laborable. No se podrá transferir a los usuarios finales a otro operador en contra de su voluntad.

Los usuarios finales deberán recibir información adecuada sobre el cambio de operador, cuyo proceso es dirigido por el operador receptor, antes y durante el proceso, así como inmediatamente después de su conclusión. (Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones, Artículo 47, 2014).

Asimismo, en esta Ley se estableció que, en caso de imponerse cuotas directas a los usuarios con motivo de portabilidad, estas no debían tener efectos disuasorios para llevar a cabo la misma (Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones, Artículo 21, 2014).

En los años 2015 y 2017, habiendo ya sido creada la Comisión Nacional de los Mercados y de la Competencia (en lo sucesivo, CNMC), se emitieron las especificaciones técnicas para la conservación de numeración para el servicio fijo y móvil, respectivamente. En la resolución para el servicio fijo, se estableció que la ER "...actúa como medio de comunicación de mensajes entre operadores y toma de determinadas decisiones ejecutivas con objeto de facilitar de forma adecuada los procedimientos administrativos entre operadores" (Especificación Técnica de los Procedimientos Administrativos para la Conservación de la Numeración Geográfica y de Servicios de Tarifas Especiales y de Numeración Personal en caso de Cambio de Operador (Portabilidad Fija) (en lo sucesivo, ESPECIFICACIÓN TÉCNICAa), 2015, págs. 4-5). Dicha entidad gestiona tanto la BDR, la cual incluye todos los números portados y sus números de enrutamiento de red (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, NRN) asociados, como la base de datos de transacciones, la cual incluye un registro histórico de todas las transacciones y datos asociados a un proceso de portabilidad (ESPECIFICACIÓN TÉCNICAa, 2015). Por otro lado, en la

resolución para el servicio móvil, se estableció que el nodo central (en lo sucesivo, NC), es el que soporta y canaliza los procesos administrativos de portabilidad, almacena toda la información al respecto y actúa como repositorio común para los operadores. El NC, al igual que la ER, gestiona la BDR de los números portados y la base de datos de transacciones e incidencias (Especificación Técnica de los Procedimientos Administrativos para la Conservación de Numeración Móvil en caso de Cambio de Operador (Portabilidad Móvil) (en lo sucesivo, ESPECIFICACIÓN TÉCNICA<sup>b</sup>), 2017) y el enrutamiento se hace de manera directa a través de ACQ (Cullen International, 2011).

Tanto para el servicio fijo como para el servicio móvil, el proceso da inicio cuando un usuario solicita el alta del servicio al operador receptor, requiriendo específicamente la conservación del número. El plazo máximo para el trámite de una solicitud de portabilidad es de un día hábil<sup>8</sup>, sin menoscabo de que en los casos donde sea necesaria la modificación o provisión al usuario del acceso físico correspondiente o sea necesaria la validación de la identidad del usuario, se requerirá de un día adicional (ESPECIFICACIÓN TÉCNICA<sup>a</sup>, 2015; ESPECIFICACIÓN TÉCNICA<sup>b</sup>, 2017).

En el Cuadro 10, se muestra un resumen de los principales aspectos de la portabilidad numérica en España.

Portabilidad numérica en España	
<b>Documentos normativos</b>	<p>Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones, 2014.</p> <p>Especificación Técnica de los Procedimientos Administrativos para la Conservación de la Numeración Geográfica y de Servicios de Tarifas Especiales y de Numeración Personal en caso de Cambio de Operador (Portabilidad Fija), 2015.</p> <p>Especificación Técnica de los Procedimientos Administrativos para la Conservación de Numeración Móvil en caso</p>

<sup>8</sup> Día natural de lunes a viernes, excluyendo las fiestas de carácter nacional (ESPECIFICACIÓN TÉCNICA<sup>b</sup>, 2017).

	de Cambio de Operador (Portabilidad Móvil), 2017.
<b>Servicios</b>	Fijo y móvil.
<b>Tipo de solución</b>	ER central para el servicio fijo. ACQ para el servicio móvil.
<b>Utilización de bases de datos</b>	BDR: incluye todos los números portados y sus NRN asociados, como la base de datos de transacciones.  Base de datos de transacciones: incluyen un registro histórico de todas las transacciones y datos asociados a un proceso de portabilidad.
<b>Administrador del sistema</b>	Servicio fijo: la ER gestiona la BDR y la base de datos de transacciones.  Servicio móvil: el NC gestiona la BDR y la base de datos de transacciones e incidencias.
<b>Tiempo de ejecución</b>	1 día hábil.  Será necesario 1 día adicional en los casos donde se requiera la modificación o provisión al usuario del acceso físico correspondiente o sea necesaria la validación de la identidad del mismo.
<b>Costo para el usuario</b>	En caso de imponer cuotas directas a los usuarios con motivo de portabilidad, estas no deben tener efectos disuasorios para llevar a cabo la misma.
<b>Estudios o análisis sobre el posible uso de la tecnología <i>blockchain</i> para su futura implementación</b>	No se encontró información al respecto.

**Cuadro 10.** *Principales aspectos de la portabilidad numérica en España.*

Fuente: Elaboración propia con información de la extinta CMT y de la CNMC.

## 2.7 Conclusiones del capítulo

De la experiencia internacional en materia de portabilidad numérica analizada en el presente capítulo, se observa que la tendencia relativa a la solución técnica

adoptada para su implementación se inclina hacia un esquema centralizado como en el caso de México, puesto que la mayoría de ellos optó por el mecanismo ACQ, el cual no involucra a la red del proveedor asignatario de la numeración y requiere de la existencia de una base de datos centralizada de números portados, de la cual los PSTs hacen copias y consultan con la finalidad de saber a qué red enviar la comunicación.

La excepción a lo anterior fue el caso del Reino Unido, dado que optaron por la solución OR. Como se ha mencionado anteriormente, dicha solución no necesita de una base de datos centralizada, sino que el enrutamiento de la comunicación depende completamente de la red de origen, aspecto que lo hace vulnerable al igual que el mecanismo ACQ, al depender totalmente de esta red y representar un punto único de falla. Además, el hecho de que en el esquema OR las llamadas se enruten primero a la red que se asignó originalmente el número de teléfono y luego se desvíen a la red receptora (Dunn, 2007), es decir, haga uso de enrutamiento indirecto, lo hace menos eficiente que el enrutamiento directo utilizado en el esquema ACQ, en el cual se obtiene directamente de la base de datos centralizada la información de enrutamiento de la comunicación, motivo por el cual no sería viable en todo caso considerar migrar del esquema ACQ adoptado en México al OR adoptado en Reino Unido.

En este sentido, para abordar el enrutamiento ineficiente de las llamadas y el nivel de fallos en la portabilidad empresarial (OFCOM, 2020, pág. 38) Reino Unido comenzó desde 2018 trabajos tendientes a evaluar la posibilidad de la utilización de la tecnología *blockchain* para la portabilidad numérica, con el fin de que cada operador cuente con una base de datos de numeración común que contenga los detalles de los números que se encuentran en cada una de las redes; siendo el único país de los analizados en el presente trabajo que ha realizado estudios al respecto, sin embargo, por el momento no recomendarán el uso de esta tecnología para la portabilidad numérica.

Cabe mencionar que, aunque la India no formó parte del grupo de países analizados, la Autoridad Reguladora de las Telecomunicaciones (por sus siglas en inglés, TRAI) de dicho país también ha comenzado a contemplar el uso de la

tecnología *blockchain* para la portabilidad numérica; y señalan que la introducción de soluciones basadas en *blockchain* podrían ser una opción beneficiosa para los sistemas de gestión de las telecomunicaciones. Para ello, ha realizado algunos ejercicios de consulta solicitando aportaciones de las partes interesadas sobre el aprovechamiento de nuevas tecnologías, con el fin de facilitar, hacer más rápido y darle mayor transparencia al proceso de portabilidad numérica (Telecom Regulatory Authority of India [TRAI], 2018, pág. 31).



**Capítulo 3**  
**Tecnología *blockchain* (estado del arte)**

## Capítulo 3 Tecnología *blockchain* (estado del arte)

### 3.1 Características y funcionamiento

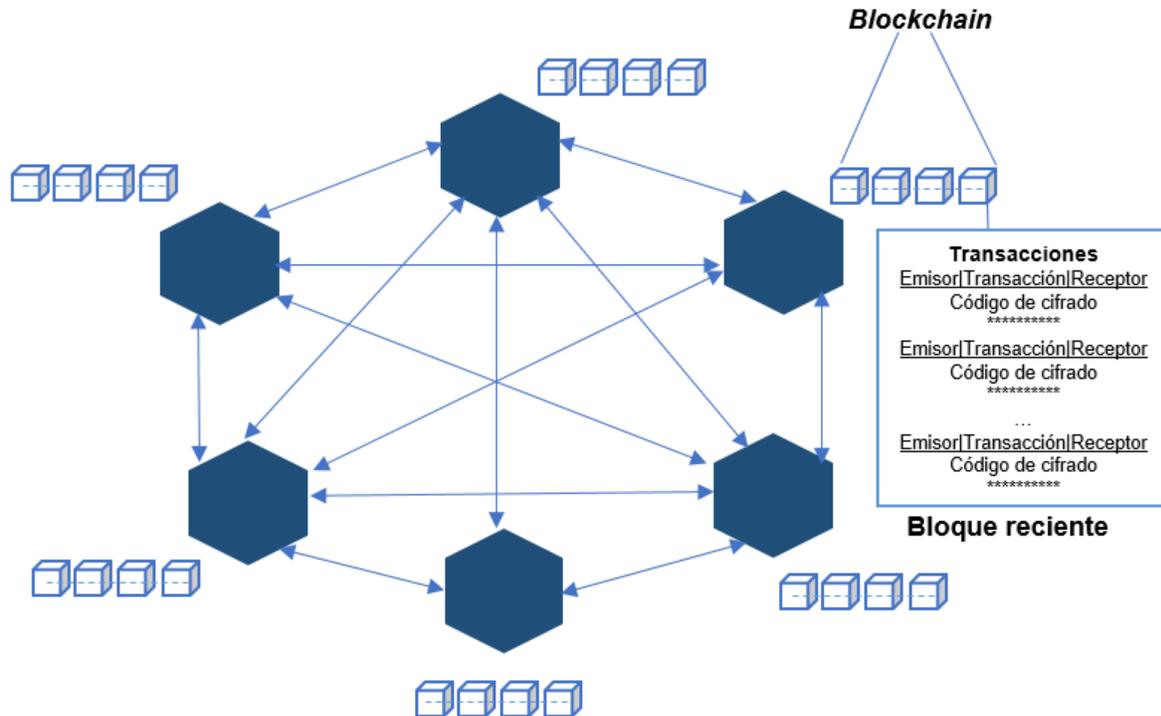
Yaga et al. (2018), definen a *blockchain* como un libro mayor digital distribuido de transacciones firmadas criptográficamente que se agrupan en bloques. Cada bloque se vincula criptográficamente con el anterior después de su validación y de someterse a una decisión de consenso. A medida que se añaden nuevos bloques, los bloques más antiguos se hacen más difíciles de modificar (pág. 49). Para cambiar el contenido de un bloque, se necesita cambiar al menos el 51% de la red, lo cual es computacionalmente complejo (Zibin et al., 2017, como se citó en Upadhyay, 2019, pág. 14). Los nuevos bloques se replican a través de copias del libro mayor dentro de la red, y cualquier conflicto se resuelve automáticamente utilizando reglas establecidas (Yaga et al., 2018, pág. 49).

Cada participante en la red denominado nodo o par, sostiene un bloque de la cadena que contiene los detalles de las transacciones cronológicas validadas ocurridas en la misma; y cada bloque contiene cierto número de transacciones (Upadhyay, 2019, pág. 13; Valenta & Sandner, 2017, pág. 2).

*Blockchain* es una combinación de tres tecnologías aplicadas de una nueva manera, a saber: 1) la criptografía asimétrica; 2) una red distribuida con un libro mayor compartido; y 3) un incentivo para dar servicio a las transacciones de la red, el mantenimiento de registros y la seguridad (Bauerle, 2017). El resultado es un sistema de interacciones digitales que no requiere de un tercero de confianza, y la robusta arquitectura de red de la propia tecnología asegura las relaciones digitales. Una red distribuida reduce el riesgo de corrupción o fallo centralizado, y debe comprometerse a mantener los registros y la seguridad de la red de transacciones. La autenticación y la autorización son vitales para las transacciones y permiten interacciones en el mundo digital sin depender de la confianza. Por un lado, la criptografía asimétrica proporciona una poderosa herramienta de autenticación, por otro lado, la autorización de las transacciones es el resultado de la aplicación por

parte de toda la red de las normas sobre las que fue diseñada (el protocolo de la *blockchain*) (GĚRENS, 2018).

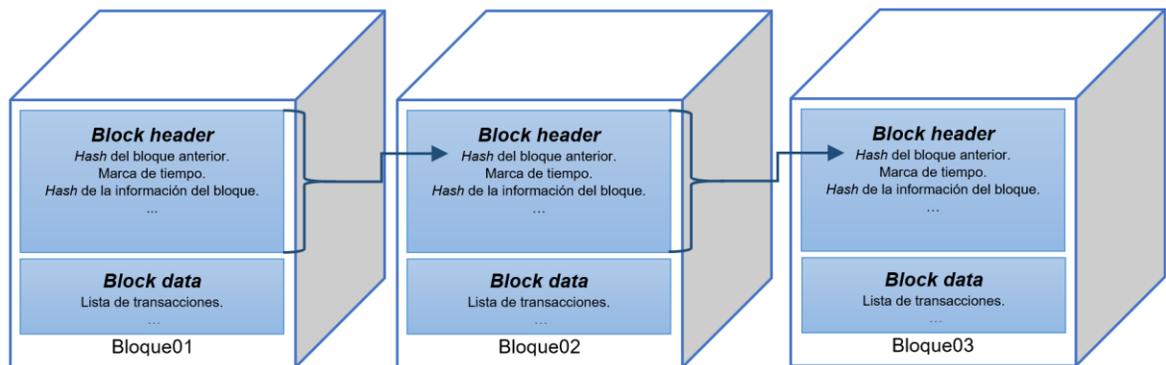
En la Figura 3, se muestra una red *blockchain* simplificada.



**Figura 3.** Red *blockchain* simplificada.

Fuente: Elaboración propia con información de Upadhyay, 2019, pág. 14.

Los bloques están compuestos por dos partes principales: un encabezado e información, denominados en inglés como “*block header*” y “*block data*”, respectivamente. Estas partes están compuestas de diversos campos dependiendo de cada implementación *blockchain*. De manera general, el encabezado contiene metadatos para ese bloque en específico dentro del que se encuentran el número del bloque; el *hash* del bloque anterior (el primer bloque no contiene este dato y se denomina bloque génesis (Van Hijfte, 2020, pág. 34)); el *hash* de la información del bloque y una marca de tiempo (denominada en inglés como “*timestamp*”), la cual muestra el momento de creación del bloque. La otra parte, contiene el conjunto de transacciones validadas y eventos del libro mayor (Yaga et al., 2018, págs. 15-17; Golosova & Romanovs, 2018). En la Figura 4, se muestra una *blockchain* genérica:



**Figura 4. Blockchain genérica.**

Fuente: Elaboración propia con información de Yaga et al., 2018, pág. 17.

A través de la difusión de las transacciones cada nodo crea su propia versión actualizada de eventos (Bauerle, 2017). El proceso general de una transacción se describe a continuación y se representa de manera general en la Figura 5 (Upadhyay, 2019, pág. 15; Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 6):

1. Inicio de la transacción.

El emisor quiere transferir al receptor un activo o su valor representado digitalmente e inicia una transacción. El emisor transmite la información sobre la transacción a la red. La información de la transacción comprende la dirección pública del emisor, el valor de la transacción y una firma digital criptográfica. La firma digital criptográfica ayuda a garantizar la autenticidad de la transacción.

2. Autenticación de la transacción.

Los nodos participantes reciben la información de la transacción y autentican la validez. Cuando la transacción es validada, se coloca en el conjunto de transacciones.

3. Creación del bloque.

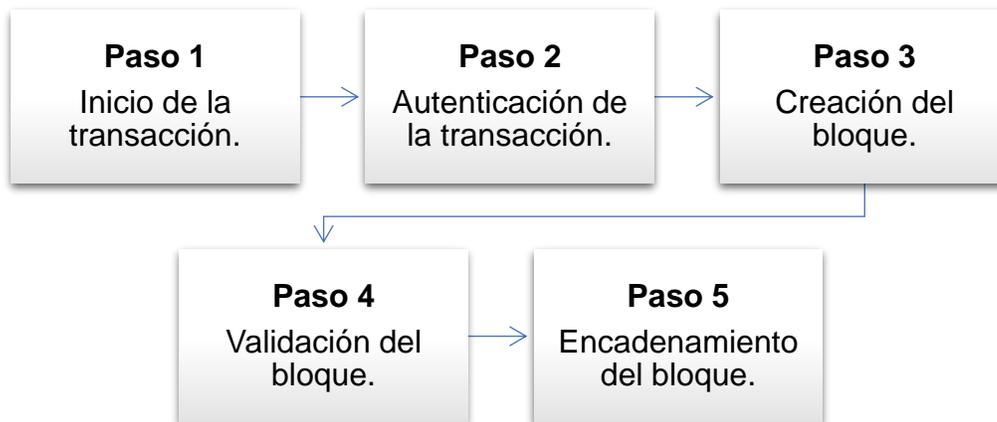
El conjunto de transacciones se coloca en el bloque por uno de los nodos participantes de la red. El nodo en un intervalo específico contiene el bloque de transacciones y lo transmite a la red *blockchain* para su validación.

4. Validación del bloque.

Los nodos participantes inician el proceso de validación al recibir el bloque de transacciones. El proceso de validación se ejecuta de forma iterativa, lo que requiere para su finalización el consenso de la mayoría de la red. Existen diversas técnicas de validación cuyo propósito es evitar la falsificación, el fraude y el engaño, y lo más importante, confirmar que cada transacción es válida.

5. Encadenamiento del bloque.

El bloque se encadena en la *blockchain* existente, y el libro mayor actualizado se difunde a la red.



**Figura 5.** *Proceso general de una transacción en blockchain.*

Fuente: Elaboración propia con información de Upadhyay, 2019, pág. 14.

Las características clave de la tecnología *blockchain* se pueden puntualizar de la siguiente manera (Yaga et al., 2018, pág. 2; Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 12; Bashir, 2018, pág. 44):

- Libro mayor: Utiliza un libro mayor adjunto para proporcionar un historial completo de las transacciones.
- Distribuida: Cada nodo posee una copia de toda la cadena.
- Descentralizada: Prescinde de una entidad central que gobierne y se encargue exclusivamente de todas sus operaciones.

- Inmutable: Una vez que una transacción válida se incluye en un bloque y la red ha llegado a un consenso sobre el nuevo estado de la *blockchain*, ni la transacción ni el bloque pueden ser alterados.
- Compartida: El libro mayor se comparte entre múltiples nodos.
- Transparente/Auditable: Cada nodo tiene una visión de todos los bloques y transacciones.
- Segura: Es criptográficamente segura, garantizando que los datos contenidos en el libro mayor no han sido manipulados.

Es importante mencionar que en una red *blockchain* los nodos pueden tomar el rol de escritor o lector. Por un lado el escritor, también denominado validador, forma parte del protocolo de consenso y ayuda a hacer crecer a la *blockchain*, es decir, es capaz de acumular transacciones dentro de un bloque y de añadir este bloque a la cadena; por otro lado, el lector no extiende la *blockchain*, sino que simplemente la lee y analiza o audita (Wüst & Gervais, 2018, pág. 45).

Dependiendo de la aplicación de la tecnología *blockchain* se establecen las reglas para determinar cuándo una transacción es válida o no, o cuándo es válida la creación de un nuevo bloque. El proceso de verificación puede ser adaptado para cada *blockchain* y se pueden establecer las reglas e incentivos necesarios cuando suficientes nodos llegan a un consenso sobre cómo deben verificarse las transacciones (Bauerle, 2017). Sin embargo, no importa cómo se construyan, todas las *blockchains* se basan en la criptografía, el arte y la ciencia de codificar la información para que sea difícil de descifrar (Hyperledger White Paper Working Group, 2018, pág. 3; el nombre puede ser traducido como “Grupo de trabajo del Libro Blanco de Hyperledger”).

### **3.2 Criptografía**

Un componente importante de la tecnología *blockchain* es el uso de funciones *hash* criptográficas (Yaga et al., 2018, pág. 7). Las funciones *hash* o *hashing* mapean una

entrada de datos arbitraria de longitud variable a una salida única de longitud fija<sup>9</sup>. Esta salida es lo que generalmente se denomina como *hash* (Van Hijfte, 2020, pág. 1). De conformidad con Legerén (2019),

...el término <<*hash*>> -o algoritmo de resumen- se alude a una secuencia alfanumérica hexadecimal única que es el resultado de aplicar un algoritmo a un archivo. Como ese hash es único y se corresponde solamente con el archivo sobre el que se haya aplicado el algoritmo, servirá para determinar si se ha manipulado o no. (pág. 185)

Dichas funciones se caracterizan por ser unidireccionales, por lo que es imposible calcular el valor de entrada correcto dado un valor de salida; y dada una entrada específica, es computacionalmente inviable encontrar una segunda entrada que produzca la misma salida. Una función *hash* criptográfica específica utilizada en muchas implementaciones de *blockchain* es el algoritmo *hash* seguro<sup>10</sup> (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, SHA) con un tamaño de salida de 256 bits (SHA 256) (Yaga et al., 2018, pág. 7). Otros ejemplos de algoritmos para funciones *hash* son X11 y ETHASH utilizados en otras implementaciones de *blockchain*. Los códigos *hash* pueden ser validados por cualquiera que conozca la clave pública correspondiente a la clave privada que se utilizó para crear el código *hash*. Por lo tanto, estos pueden ser utilizados para detectar cambios en los datos, proporcionándole esto la propiedad de inmutabilidad a *blockchain* ya que cualquier cambio en el contenido de un bloque invalida el *hash* del siguiente bloque, lo que a su vez invalida el *hash* del siguiente bloque, y así sucesivamente (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 15).

Asimismo, la tecnología *blockchain* utiliza la criptografía asimétrica con claves privadas y públicas para firmar y validar las transacciones (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 15) como una forma ágil de consentimiento; cuyo propósito principal es

---

<sup>9</sup> Pueden actuar como un sello y una identificación única e infalsificable para un conjunto de datos digitales, lo cual se suele denominar huella digital (Lyons & Courcelas, 2020a, pág. 7).

<sup>10</sup> Los SHA son una familia específica de funciones criptográficas diseñadas particularmente para abordar la seguridad de los datos (Van Hijfte, 2020, pág. 11).

crear una referencia de identidad digital segura. La identidad se basa en la posesión de una combinación de las referidas claves y la combinación de estas claves puede verse como una forma ágil de consentimiento, creando una firma digital sumamente útil (Bauerle, 2017). Solo el propietario de una clave privada puede firmar las transacciones y esta firma se valida posteriormente utilizando la clave pública asociada (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 15).

### **3.3 Tipos**

Una *blockchain* es una base de datos distribuida sin autoridad central y sin punto de confianza. En este contexto, el término “confianza” podría significar aspectos como el confiar en otros para realizar acciones en la base de datos correctamente; no tratar de ingresar en la información privada de los demás; o no degradar el rendimiento de otro participante para obtener una ventaja competitiva. Hablar de confianza significa hablar de los dos tipos principales de *blockchain*: sin permiso y con permiso (Hyperledger White Paper Working Group, 2018, pág. 4), lo cual se basa en la capacidad de los nodos para poder generar y agregar nuevos bloques (Parrondo, 2018, pág. 16). La mayoría de las criptomonedas utilizan *blockchains* sin permiso en las que cualquiera puede unirse y tener pleno derecho de uso. Por su parte, las *blockchains* empresariales tienden a ser autorizadas. Esto significa que un participante necesita cumplir ciertos requisitos para realizar determinadas acciones en la *blockchain* (Hyperledger White Paper Working Group, 2018, pág. 4).

Con base en el acceso a los datos almacenados en una *blockchain*, estas se pueden clasificar como públicas o privadas. En las públicas no hay restricciones para la lectura de los datos y en las privadas la lectura está limitada a participantes específicos (Parrondo, 2018, pág. 16).

#### **3.3.1 Blockchains sin permiso**

Las *blockchains* sin permiso corresponden a instancias completamente abiertas y descentralizadas, dentro de las cuales cualquier nodo puede unirse y dejar la red como lector y escritor en cualquier momento; y no requieren confianza mutua entre

los nodos que interactúan. No hay una entidad central que administre los miembros, o que pueda prohibir a lectores ilegítimos y los datos almacenados se replican completamente entre todos los nodos. Dicha apertura implica que el contenido escrito es legible por cualquier nodo (Wüst & Gervais, 2018, pág. 45; Falazi et al., 2019). Derivado de que están abiertas a la participación de todos, algún nodo malintencionado puede intentar publicar bloques de una manera que subvierta el sistema. Para evitarlo, este tipo de *blockchains* utilizan modelos de consenso que exigen que los nodos gasten o conserven recursos cuando intentan publicar bloques (Yaga et al., 2018, pág. 5) y suelen incluir una criptomoneda nativa (Androulaki et al., 2018).

### **3.3.2 *Blockchains* con permiso**

Las *blockchains* con permiso solo autorizan a un conjunto limitado de escritores y el acceso para ver las transacciones puede estar restringido (*blockchain* con permiso privada), o podría ser público (*blockchain* con permiso pública). En este caso, una entidad central decide y atribuye el derecho a los nodos de participar en las operaciones de escritura o lectura de la *blockchain*, no obstante, este tipo de *blockchain* sigue manteniendo la distribución, la robustez y el almacenamiento de datos redundantes, como sucede en las *blockchains* sin permiso (Wüst & Gervais, 2018, pág. 46; Berryhill et al., 2018, pág. 18; Cash & Bassiouni, 2018, pág. 140).

Para proporcionar aislamiento y privacidad, el lector y el escritor también pueden operar en *blockchains* paralelas separadas que estén interconectadas (Wüst & Gervais, 2018, pág. 46). Este tipo de *blockchains* suelen delegar el consenso y la validación de las transacciones en un grupo seleccionado de nodos, lo cual permite que desde el punto de vista computacional, los modelos de consenso para la publicación de bloques suelen ser más rápidos y menos costosos comparados con las *blockchains* sin permiso. Los nodos pueden determinar el modelo de consenso que se utilizará, en función del grado de confianza que tengan entre sí y tienen desincentivos naturales para cometer fraude o para tener un mal comportamiento (Yaga et al., 2018, págs. 5-6; Gorenflo et al., 2019). La mayoría de los proyectos corporativos, industriales y gubernamentales comprenden este tipo de

*blockchains* (Swan, 2018, pág. 3), en virtud de que proporcionan una forma de asegurar las interacciones entre un grupo de entidades que tienen un objetivo común pero que no confían plenamente en los demás, como las empresas que intercambian fondos, bienes o información (Androulaki et al., 2018), lo cual requiere que las entidades tengan identidades verificadas para permitir la rendición de cuentas y la trazabilidad (Emmadi et al., 2018).

### **3.4 Modelos de consenso**

El consenso es un problema técnico clásico en el campo de los sistemas distribuidos (Guo et al., 2018, pág. 131). Los modelos de consenso aseguran la convergencia hacia una versión única e inmutable del libro mayor distribuido, en razón de que permiten a los participantes en la red ponerse de acuerdo sobre la información registrada (ITU, 2019a, pág. 8). La red rechaza las transacciones y los bloques que violan las reglas de consenso (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 16). Para el caso particular de redes de libro mayor distribuidas sin permiso, normalmente hay numerosos nodos de validación que compiten al mismo tiempo para validar el siguiente bloque (ITU, 2019a, pág. 8).

El modo de participación en la *blockchain*, con permiso o sin permiso, tiene un profundo impacto en cómo se alcanza el consenso (Valenta & Sandner, 2017, pág. 3). Los modelos de consenso más utilizados son prueba de trabajo (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, PoW), prueba de participación (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, PoS) y prueba de autoridad (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, PoA) (ITU, 2019a, pág. 8).

#### **3.4.1 Proof of Work**

En este modelo, para añadir un nuevo bloque a la cadena se debe resolver un problema criptográfico, por lo que los nodos participantes se dedican a un trabajo matemático y computacional complejo para alcanzar el consenso. El nodo que resuelve el acertijo matemático genera el código *hash* para el mismo y lo presenta al resto de los nodos de la red. Posteriormente los otros nodos verifican la

información. Una vez verificada, se crea el bloque y la *blockchain* se actualiza con el nuevo bloque. Actúa intrínsecamente como un proceso aleatorio con una baja probabilidad de éxito, lo que significa que antes de que cualquier nodo genere la prueba válida, se requieren muchos procesos de ensayo y error (Upadhyay, 2019, pág. 19).

El enorme consumo de recursos computacionales (Odiljon & Gai, 2019, pág. 79), la dificultad de resolver el problema, la energía gastada en la búsqueda de su solución (trabajo) y la sencillez de su verificación, son razones suficientes para incentivar a los nodos que quieren añadir nuevos bloques a no hacer trampas añadiendo transacciones ilegales (Valdeolmillos et al., 2020, pág. 155). Este modelo de consenso es el más común para añadir nuevos bloques en *blockchains* sin permiso (Berryhill et al., 2018, pág. 32).

### **3.4.2 Proof of Stake**

Este modelo se basa en la idea de que cuanto más participación haya invertido un nodo en el sistema (Yaga et al., 2018, pág. 21) “...(típicamente en forma de inversión económica directa o indirecta)...” (Arroyo et al., 2019, pág. 87), más probable será que quiera que el sistema tenga éxito y menos probable será que quiera subvertirlo. Las redes *blockchain* que hacen uso de este modelo de consenso, utilizan la cantidad de participación que tiene un nodo como factor determinante para la publicación de nuevos bloques (Yaga et al., 2018, pág. 21). El nodo con el interés más alto tiene derecho a añadir nuevos bloques y obtener ingresos como recompensa. Corresponde a una alternativa al modelo PoW para ahorro de energía, así como para mejorar la seguridad del sistema (Guo, 2018, pág. 132).

### **3.4.3 Proof of Authority**

También denominado prueba de identidad (Yaga et al., 2018, pág. 23) (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, PoI), se basa en la confianza parcial de los nodos que publican bloques por su vínculo conocido con las identidades reales. Estas

deben ser verificadas, probadas e incluidas dentro de la red *blockchain* (Maleh et al., 2020, pág. 9), por ejemplo, documentos de identificación que hayan sido verificados y notariados (Yaga et al., 2018, pág. 23). La lógica de este modelo es que los individuos cuya identidad y por ende su reputación está en juego para la seguridad de la red, se ven incentivados a preservarla (POA Network, 2017, como se citó en Berryhill et al., 2018, p. 48). Los nodos que publican bloques pueden perder reputación actuando de una manera indebida con la que los nodos de la red *blockchain* no estén de acuerdo, así como pueden ganarla actuando de manera adecuada. Cuanto menor sea la reputación, menor será la probabilidad de poder publicar un bloque. Este algoritmo solo se aplica a las redes *blockchain* con permiso con altos niveles de confianza (Yaga et al., 2018, pág. 23). La prueba de autoridad corresponde a una nueva familia de algoritmos de consenso de tolerancia a fallas bizantinas (por sus siglas en inglés, BFT), que se utiliza en gran medida en la práctica para garantizar un mejor rendimiento que la tradicional tolerancia práctica a fallas bizantinas (por sus siglas en inglés, PBFT) (De Angelis et al., 2017).

Comparado con PoW y PoS, es un modelo mucho más rápido para procesar nuevos bloques, a causa de que no hay necesidad de un procesamiento computacional prolongado y que requiera muchos recursos (POA Network, 2017, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 48). Este modelo es el más adecuado, por ejemplo, para aplicaciones *blockchain* en el sector público en el cual se tiende a utilizar *blockchains* con permiso, debido a que una *blockchain* estructurada de esta manera otorgaría permisos basados en roles para acceder y agregar nueva información (Berryhill et al., 2018, pág. 32).

### **3.5 Contratos inteligentes**

Algunas plataformas *blockchain* permiten contratos inteligentes, los cuales consisten en un programa informático en el que los términos del acuerdo entre las partes se escriben directamente en líneas de código (ACT-IAC, 2017, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 19; ITU, 2019a) que se despliega utilizando una transacción firmada criptográficamente en la red de libro mayor distribuido (por

ejemplo, los contratos inteligentes de Ethereum o el *chaincode* de Hyperledger Fabric) (ITU, 2019a, pág. 8). En la codificación de los contratos inteligentes, las declaraciones condicionales son fundamentales (Catchlove, 2017, como se citó en Padilla, 2020, pág. 194), es decir, cuentan con una "...estructura *if/then/else*: si se cumple esta circunstancia (*if*), entonces ejecuta esta acción (*then*); de no cumplirse, se ejecuta otra acción también prevista (*else*)..." (Legerén, 2019, pág. 223). En esencia, el código solo puede hacer lo que está programado para hacer. Estos contratos se codifican usando la lógica booleana, la cual implica un cálculo que se resuelve en un valor como verdadero o falso, por lo que no permiten ambigüedad, [sino que corresponde a] algo que ocurre o no ocurre, se activa o no se activa, como resultado del código (Catchlove, 2017, como se citó en Padilla, 2020, pág. 194).

Los contratos inteligentes son ejecutados exactamente como han sido programados (Marchionni, 2018, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 19), sin la necesidad de intermediarios físicos o terceros por los nodos dentro del sistema de libro mayor distribuido (Ajn & van de Ruit, 2018; ITU, 2019a). Los resultados de la ejecución se validan por consenso y se registran en el mismo (ITU, 2019a, pág. 8). Dichos contratos, permiten automatizar un amplio rango de procesos (Ajn & van de Ruit, 2018). Esta automatización reduce costos, disminuye el riesgo de errores, mitiga los riesgos de fraude y racionaliza potencialmente muchos procesos (ITU, 2019a, pág. 8). En el sector público eso puede, por ejemplo, tener en cuenta las normas y leyes gubernamentales (Marchionni, 2018, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 19).

Dado que una *blockchain* es una estructura de datos y no es capaz de acceder a información fuera de su propia red, un ente denominado oráculo (un servicio de terceros), se encarga de proporcionar los datos necesarios para que se resuelva un contrato inteligente. Dicho ente reside en la *blockchain* para reunir y verificar información del mundo real y usarla para la ejecución de los contratos inteligentes. Estos se pueden clasificar como oráculos de *software* y *hardware*. Los primeros, proveen información del mundo en línea, mientras que los segundos suministran información del mundo físico. También, se puede hacer una distinción entre los oráculos de entrada y salida, donde los primeros alimentan de información

a los contratos inteligentes, mientras que los segundos envían información fuera del entorno de la *blockchain* (Van Hijfte, 2020, pág. 174).

A pesar de lo anterior, hay algunos problemas relacionados con el uso de contratos inteligentes. Dichos problemas derivan principalmente del hecho de que: primero, los contratos inteligentes deben traducirse del lenguaje humano al lenguaje informático, por lo que en caso algún problema en torno a los mismos que pudiera dar lugar a un juicio, los jueces serían incapaces de comprender su contenido [por lo que se requeriría formar jueces especializados que abarcaran tanto el ámbito legal como el informático] (Eenmaa & Schmidt, 2019, pág. 75); segundo, derivado de que los contratos inteligentes se almacenan en la *blockchain*, heredan su propiedad de inmutabilidad por lo cual no es posible modificarlos una vez desplegados en la misma y si los términos subyacentes del contrato cambian, un nuevo contrato inteligente tiene que ser publicado (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 16); y tercero [posiblemente el más importante], si el programa no se escribe de manera cuidadosa, no es verificado y no dispone de mecanismos que permitan corregir las vulnerabilidades<sup>11</sup>, puede convertirse en el blanco de ataques como sucedió en 2016 a la organización autónoma descentralizada (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, DAO) con el caso “*DAO hack*”. Dicha entidad, como su nombre lo indica, correspondía a una organización que se gestionaba de forma autónoma mediante un conjunto de contratos inteligentes (Wüst & Gervais, 2018, pág. 52) y fue objeto de un ataque derivado de una vulnerabilidad de seguridad en el código (Van Hijfte, 2020, pág. 165).

---

<sup>11</sup> La mejor manera de hacer que el código de los contratos inteligentes sea más seguro es realizando auditorías de seguridad que pueden detectar defectos en el código y en su lógica (por ejemplo, consecuencias no deseadas). Sin embargo, auditorías manuales completas pueden ser muy costosas y llevar mucho tiempo. Por esta razón, muchos desarrolladores de contratos inteligentes o bien prescinden de ello, o hacen la auditoría una vez que el contrato está escrito, punto ante el cual puede ser extremadamente costoso dar solución a los problemas. Actualmente se están desarrollando herramientas para auditorías automatizadas, un proceso conocido como análisis de programas. Esto permite a los desarrolladores probar las vulnerabilidades mientras escriben el código. El análisis de programas, sin embargo, solo puede comprobar si hay vulnerabilidades conocidas y problemas de lógica (Lyons & Courcelas, 2020a, pág. 13).

### **3.6 Plataformas *blockchain***

Las implementaciones más conocidas de *blockchains* sin permiso son Bitcoin y Ethereum y de *blockchains* con permiso son Hyperledger Fabric y R3 Corda (Wüst & Gervais, 2018, págs. 45-46; Cash & Bassiouni, 2018, págs. 139-140), aunque constantemente surgen nuevas implementaciones, la mayoría de ellas relativas a criptomonedas que comúnmente son listadas y descritas en sitios como CoinMarketCap y CoinGecko.

#### **3.6.1 Bitcoin**

Primera *blockchain* abierta y descentralizada (Wüst & Gervais, 2018, pág. 53), diseñada para ser simple, robusta, con alta seguridad y alta tolerancia a fallos, con la finalidad de ejecutar transacciones monetarias. El activo de Bitcoin es el centro de la actividad de la *blockchain* (Swan, 2018, pág. 12). La red es completamente desconfiada y la confianza se basa en las acciones de todos los nodos de la red (Van Hijfte, 2020, pág. 72), para lograr el consenso, utiliza el modelo PoW para procesar y verificar las transacciones (Ajn & van de Ruit, 2018, págs. 33-34). La complejidad no es parte del objetivo de diseño de Bitcoin, por lo que el lenguaje de los contratos inteligentes es simple y no permite el mismo grado de complejidad que Ethereum (Swan, 2018, pág. 12). Actualmente, esta plataforma puede alcanzar aproximadamente 7 transacciones por segundo (Parisi, 2020, pág. 63).

#### **3.6.2 Ethereum**

Plataforma abierta basada en contratos inteligentes que permite a cualquiera construir y utilizar aplicaciones descentralizadas (Attaran & Gunasekaran, 2019, pág. 18) (por sus siglas en inglés, DApp). Al igual que Bitcoin, es un proyecto de código abierto adaptable y flexible, sujeto a adaptaciones que siguen las ideas de su creador Vitalik Buterin. Los usuarios deben pagar pequeñas tasas de transacción a la red. El remitente de una transacción debe pagar por cada paso del "programa" que ha activado, incluyendo el cálculo y el almacenamiento de memoria. Estas

tarifas están denominadas en la criptomoneda ether<sup>12</sup>. Como en Bitcoin, Ethereum utiliza el modelo de consenso PoW para procesar y verificar las transacciones. Los nodos, responsables de la publicación de nuevos bloques y de la validación, compiten entre sí para que su bloque sea el próximo en añadirse a la *blockchain* y son recompensados con criptomonedas por cada bloque exitoso (Ajn & van de Ruit, 2018, págs. 33-34). Actualmente, esta plataforma puede alcanzar alrededor del doble de transacciones por segundo de Bitcoin, las cuales no exceden de 15 transacciones por segundo (Parisi, 2020, pág. 63). Recientemente Ethereum está sufriendo actualizaciones que podrían modificar su proceso de validación en contra de algunos que cuestionan que esto podría comprometer su naturaleza pública y libre.

### 3.6.3 Hyperledger Fabric

Es uno de los proyectos *blockchain* dentro de Hyperledger (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 35), el cual es un esfuerzo de colaboración de código abierto creado para fomentar el avance de la tecnología *blockchain* entre industrias y corresponde a un consorcio de empresas que trabajan juntas para desarrollar protocolos estandarizados de *blockchain*. Se trata de una colaboración global auspiciada por la fundación Linux (Bambara & Allen, 2018, pág. 24).

Fabric es una implementación de *blockchain* con permiso privada y soporte de canales; que quiere ayudar a abordar aspectos como participantes conocidos e identificados, alto rendimiento de transacción, baja latencia y privacidad de los datos (Van Hijfte, 2020, pág. 197; Androulaki et al., 2018). Esta plataforma introduce una nueva arquitectura de *blockchain* que tiene como principales objetivos la flexibilidad, la escalabilidad y la confidencialidad. Diseñado como una *blockchain* modular y extensible de propósito general, Fabric admite la ejecución de aplicaciones distribuidas escritas en lenguajes de programación estándar y a diferencia de la mayoría de las implementaciones de *blockchain*, no tiene dependencia sistémica de una criptomoneda nativa (Androulaki et al., 2018) ya que el consenso no se alcanza

---

<sup>12</sup> El gas se utiliza para pagar las transacciones en la *blockchain* de Ethereum (ethereumprice, (s.f)).

a través del minado (Valenta & Sandner, 2017, pág. 7). Al implementar un libro mayor con permisos, soporta la inscripción y la autorización de transacciones a través de certificados de clave pública. Para conectarse a la red, cada usuario debe obtener un certificado de inscripción de una autoridad de certificación de inscripción, quien autoriza a un par a conectarse a la red y a adquirir certificados de transacción emitidos por una autoridad de certificación de transacción, necesarios para enviar transacciones (Cachin, 2016).

La creación de canales permite a un grupo de participantes generar un libro de transacciones separado, y dado que el acceso a las transacciones está restringido a las partes implicadas, el consenso se alcanza a nivel de transacción y no a nivel de libro mayor. Esto es importante en redes en las que algunos nodos pueden ser competidores y no quieren que cada transacción que hacen se dé a conocer a todos. Si dos participantes forman un canal, entonces esos participantes, y no otros, tienen copias del libro mayor para ese canal. No obstante, podría ser necesario anunciar a todos los nodos la compleción de una transacción, lo cual podría llevarse a cabo a través de un canal común. El modelo de consenso utilizado por Hyperledger Fabric consiste en que, en cualquier caso, las transacciones deben escribirse en el libro mayor en el orden en que se producen, aunque sea entre diferentes conjuntos de participantes dentro de la red. Para ello, es necesario establecer el orden de las transacciones y poner en marcha un método para rechazar las transacciones que se hayan insertado en el libro por error (o de forma malintencionada) (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 35; Krishnaswamy et al., 2019, pág. 93). Hyperledger se basa en el modelo de consenso PoA (Prusty, 2017, pág. 230).

Fabric utiliza cinco tipos de pares principales (Harris, 2019):

- 1) Pares de anclaje: son nodos conocidos (es decir, descubribles) fuera de la organización. Por lo tanto, pueden ser descubiertos por el par ordenante o cualquier otro par. Su función principal es recibir actualizaciones y difundirlas a los demás pares de la organización.
- 2) Pares sin anclaje: son nodos conocidos solo dentro de la organización.
- 3) Pares líderes: tienen por objeto reducir la carga del ordenante y reciben los nuevos bloques provenientes de este.

- 4) Pares de endoso: aprueban o desaprueban la transacción.
- 5) Pares ordenantes: responsables de asegurar un estado de libro mayor consistente a través de la red. Además de ordenar transacciones, estos también mantienen la lista de organizaciones a las que se les permite crear canales, la cual se mantiene en la configuración del canal del sistema del ordenante. (párr. 11-18)

Actualmente, diversos artículos de investigación han demostrado que esta plataforma puede llegar a soportar alrededor de 20,000 transacciones por segundo (Gorenflo et al., 2019). Esta y las demás propiedades señaladas en los párrafos anteriores, hacen que Fabric sea adecuada para aplicaciones de clase empresarial (Thakkar et al., 2018).

#### **3.6.4 R3 Corda**

Corda es una plataforma para su uso en la industria de servicios financieros a cargo de la compañía R3 (Swan, 2018, pág. 19), una empresa que ofrece soluciones de libro mayor distribuido para todo tipo de negocios en todas las industrias (R3, s.f.). Corda corresponde a una *blockchain* con permiso, con la finalidad de que únicamente los nodos autorizados tengan acceso a los datos y permite la utilización de contratos inteligentes (Maleh et al., 2020, pág. 61). En razón de que las transacciones de Corda solo se envían a los nodos implicados, su funcionamiento es más eficiente que los sistemas clásicos de *blockchain*, y al igual que como sucede con Fabric, no tiene dependencia sistémica de una criptomoneda nativa y el consenso se alcanza a nivel de transacción y no a nivel de libro mayor (Swan, 2018, págs. 19-20; Valenta & Sandner, 2017, págs. 5, 7). Actualmente, esta plataforma puede llegar a soportar alrededor de miles de transacciones por segundo (Sheikh, 2020).

### **3.7 Protección de datos personales y privacidad**

La tecnología *blockchain* podría ser una herramienta adecuada para la gobernanza de datos, permitiendo formas alternativas para su gestión y distribución, en virtud de que permite su intercambio sin la necesidad de un intermediario central de confianza, ofrece transparencia en cuanto a quién ha accedido a ellos y le brinda al titular de estos mayor control. Además, mediante los contratos inteligentes permite automatizar su intercambio, reduciéndose de esta manera los costos de transacción (Finck, 2019, pág. III).

Tapscott & Tapscott (2016), refieren a que esta tecnología podría hacer posible que "el yo virtual" fuera propiedad de la misma persona y "viviera" en la caja negra de su identidad para que pudiera monetizar su flujo de datos y revelar solo aquello que necesitara, al hacer valer un determinado derecho. La caja negra podría incluir, [entre otros] información como un documento de identidad emitido por el gobierno, el número de seguridad social, información médica, cuentas de servicios y/o financieras, diplomas, certificado de nacimiento, así como otra información personal que no se quiere revelar, pero sí monetizar su valor, como la preferencia sexual o la condición médica para una encuesta o un estudio de investigación. Podrían ser concedidas licencias de estos datos para fines específicos a entidades concretas durante periodos de tiempo determinados (págs. 39-40).

Un informe reciente del Parlamento Europeo destacó que la tecnología *blockchain* puede ofrecer soluciones para las disposiciones de protección de datos desde el diseño en la aplicación del GDPR, sobre la base de sus principios comunes de garantizar datos seguros y autogestionados. Dentro de los objetivos del GDPR se encuentra que el titular de los datos personales tenga control sobre ellos. Este razonamiento se refleja en el derecho de acceso estipulado en artículo 15 o el derecho a la portabilidad de los datos estipulado en el artículo 20 del referido reglamento, los cuales proporcionan a los interesados el control de lo que otros hacen con sus datos personales, y de lo que ellos mismos pueden hacer con esos datos personales (Finck, 2019, pág. 92).

Desde esta perspectiva, el control implica, por un lado, que los interesados puedan supervisar lo que ocurre con los datos personales que les conciernen y por

otro, que puedan decidir quién debe tener acceso a sus datos personales. En términos más generales, *blockchain* podría garantizar tanto una alta disponibilidad, como el pleno control de los datos personales y permite repensar nuevas normas de confianza, transparencia y privacidad bajo las cuales se podrían manejar los datos personales en el futuro (Finck, 2019, págs. 92-93).

Dada la naturaleza de las DLTs, no existen posibilidades de ejercer el derecho al olvido en el almacenamiento de datos personales dentro de la *blockchain*, pero pueden gestionar el acceso y el tratamiento posterior de estos a través de terceros. La idea se sustenta en el hecho de que el titular de los datos tendría una clave privada que podría controlar el acceso a sus datos personales a terceros en función de cada caso (Finck, 2019, pág. 93). Para un sistema de gestión de datos personales e identidades basado en *blockchain*, Faber et al. (2019) como se citó en Finck (2019), hacen referencia a un sistema multicapa. En primer lugar, la capa de contratos inteligentes almacenaría las condiciones del intercambio de datos entre el individuo y los proveedores de servicios. La capa de acceso serviría para conectar un almacenamiento fuera de la *blockchain*. Este marco permitiría a los individuos controlar y poseer sus datos personales, mientras que los proveedores de servicios son invitados con permisos delegados. Solo el individuo podría cambiar este conjunto de permisos y por tanto, el acceso a los datos relacionados. Por último, la capa de almacenamiento de *hash* almacenaría los *hash* de los datos, que se crean cuando los datos personales del individuo son verificados por ciertas autoridades de confianza, como las organizaciones gubernamentales. De este modo, la *blockchain* almacenaría un *hash* de los datos verificados, permitiendo a un proveedor de servicios verificar los datos personales del individuo. Por último, un repositorio fuera de la *blockchain* (cualquier base de datos externa en línea, como la nube) almacenaría los datos reales del individuo y estaría conectado a los punteros de datos de la capa de acceso (págs. 93-94).

Los registros descentralizados pueden representar alternativa futura de arquitectura para la gestión de identidad, y...es digna de evaluación por parte de los gobiernos que buscan establecer un marco nacional de identidad

digital. Esta arquitectura acomoda a múltiples proveedores de identidad que interactúan con múltiples proveedores de servicios, como en otros modelos de arquitectura. La diferencia radica en lo que se llama el proceso de “certificación de identidad”. En la práctica, esto significa que las credenciales de identidad son certificadas por usuarios y terceros a través de una base de datos descentralizada. (ITU, 2018, como se citó en Allende, 2020, pág. 39)

Wüst & Gervais (2018), opinan que existe un equilibrio inherente entre la transparencia y la privacidad. Un sistema totalmente transparente permite a cualquiera ver cualquier información, es decir, no se proporciona privacidad; mientras que un sistema totalmente privado, no proporciona transparencia alguna. Sin embargo, un sistema puede seguir ofreciendo importantes garantías de privacidad y al mismo tiempo hacer transparente el proceso de las transiciones de estado; por ejemplo, un libro mayor distribuido puede proporcionar una verificación pública de su estado general sin filtrar información sobre el estado de cada participante individual (pág. 46).

Las *blockchains* sin permiso permiten una transparencia perfecta, donde las arquitecturas descentralizadas generalmente se basan en la divulgación de las interacciones de todos (De Filippi, 2016, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 29). La configuración de confidencialidad es casi inexistente (Berryhill et al., 2018, pág. 29). Sin embargo, los mecanismos de confidencialidad y privacidad, en un momento en que el almacenamiento de información personal es más probable, son de suma importancia. Las normas y leyes insisten en la protección absoluta de esa información. Por ejemplo, el principio del derecho al olvido de la Unión Europea (Gabison, 2016, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 29) establecido en los artículos 16 y 17 del GDPR relativos al derecho de rectificación y al derecho de supresión (“el derecho al olvido”), respectivamente (Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE

(Reglamento general de protección de datos), 2016); y en México, lo consagrado en el artículo 16 de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (en lo sucesivo, CPEUM), referente a que:

Toda persona tiene derecho a la protección de sus datos personales, al acceso, **rectificación y cancelación** [énfasis añadido] de los mismos, así como a manifestar su oposición, en los términos que fije la ley, la cual establecerá los supuestos de excepción a los principios que rijan el tratamiento de datos, por razones de seguridad nacional, disposiciones de orden público, seguridad y salud públicas o para proteger los derechos de terceros. (Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos [CPEUM], Artículo 16, párr. 2, 2020)

Este derecho, le confiere al individuo tanto la facultad de participar en el tratamiento que otros hacen de sus datos personales, como el manejo de su información personal al garantizarle el acceso, rectificación y cancelación de sus datos personales, así como también de señalar su oposición al tratamiento de los mismos (ARCO) (Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales [INAI], 2017, pág. 10); y es reflejado tanto en la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados (LGPDPSSO), como en la Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares (en lo sucesivo, LFPDPPP).

Debido a su inmutabilidad, si la información sobre una persona se almacena en una *blockchain*, el derecho al olvido [y el derecho de rectificación en el caso de la Unión Europea, así como la rectificación y cancelación de los mismos en el caso de México], son esencialmente inaplicables (Berryhill et al., 2018, pág. 29). Por lo tanto, es posible que los datos cubiertos por esas regulaciones deban ser privados o almacenados fuera de la cadena para cumplir la ley (Van Humbeeck, 2018, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 30) y ser vinculados desde dentro de una transacción en un bloque (Yaga et al., 2018, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 30).

Berryhill et al. (2018), expresan que se debe encontrar un equilibrio entre los niveles de toma de decisiones descentralizadas y los entornos de privacidad, teniendo en cuenta que, niveles altos de privacidad requerirán modelos de gobernanza más formales (*blockchains* con permiso), mientras que una transparencia radical (*blockchains* sin permiso) podría entrañar riesgos para la explotación de los datos personales, pero sigue estando más cerca del objetivo subyacente de la tecnología *blockchain* de funcionar independientemente de las autoridades centralizadas (De Filippi, 2016, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 30).

### **3.8 Ventajas y desventajas**

A continuación, se enlistan las principales ventajas y desventajas presentes en los sistemas basados en *blockchain*.

#### **3.8.1 Ventajas**

- 1) Debido a su arquitectura lineal y en cadena, los bloques son fundamentalmente dependientes unos de otros, de tal manera que el cambio de la información de uno finalmente altera el eslabón que tiene con todos los demás bloques de la cadena, de forma que puede ser inmediatamente reconocido por los otros nodos como que ha sido alterado. La estructura de cadena, junto con reglas de consenso que requieren que la mayoría de los nodos se pongan de acuerdo sobre la validez del libro mayor, aseguran que la información contenida en el mismo [no esté sujeta a manipulaciones]. Por tanto, las transacciones pueden ser inherentemente confiables (Berryhill et al., 2018, pág. 8).
- 2) Dada su arquitectura distribuida permiten a los nodos en la red de libro mayor llegar a acuerdos y registrar información (ITU, 2019a, pág. 7) entre ellos mismos, por lo que eliminan la necesidad de una entidad centralizada que (Berryhill et al., 2018, pág. 7; BT, 2019, pág. 4; Parrondo, 2018, pág. 14; Aijn & van de Ruit, 2018, pág. 32):

- i) Tenga el control del sistema en su totalidad y por ende sea un punto único de falla ; haciendo con ello que el sistema sea más robusto.
  - ii) Legitime las transacciones, siendo los mismos nodos que participan en la red quienes se encargan de legitimarlas.
  - iii) Solicite el pago correspondiente por las transacciones ejecutadas, ofreciendo con ello ahorros significativos en los costos de transacción.
  - iv) Tenga que estar sujeta a un elaborado proceso de elección y contratación.
- 3) Utilizan el consenso para determinar las actualizaciones de estado del sistema. Estos modelos de consenso permiten a los nodos confirmar la validez de las transacciones que se producen en la plataforma (Berryhill et al., 2018, pág. 7).
- 4) La información está rápidamente disponible mediante la replicación automática de las actualizaciones de información en todos los nodos (ITU, 2019b, pág. 12), garantizando con ello redundancia en el sistema.
- 5) Permiten el uso de contratos inteligentes a través de los cuales se pueden automatizar los procesos, haciéndolos esto más eficientes y reduciendo potenciales errores de ejecución (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 16; ITU, 2019a, pág. 8).
- 6) Las *blockchains* sin permiso (Wüst & Gervais, 2018, pág. 45; Falazi et al., 2019):
- i) Están completamente abiertas y descentralizadas (no hay una entidad central que administre los miembros, o que pueda prohibir a lectores ilegítimos).
  - ii) No requieren confianza mutua entre los nodos que interactúan, por lo que permiten a cualquier nodo unirse y dejar la red como lector o escritor en cualquier momento.
  - iii) Son utilizadas en la mayoría de las criptomonedas.
- 7) Las *blockchains* con permiso (Wüst & Gervais, 2018; Yaga et al., 2018; Thakkar et al., 2018; Androulaki et al., 2018; Van Hijfte, 2020; Ajn & van de Ruit, 2018):

- i) Solamente autorizan a un conjunto de escritores y hay una entidad central que decide y atribuye el derecho a los nodos de participar.
  - ii) Proporcionan una forma de asegurar las interacciones entre un grupo de entidades que tienen un objetivo común pero que no confían plenamente en los demás, como las empresas que intercambian fondos, bienes o información por lo que son muy adecuadas para aplicaciones empresariales que requieren participantes autenticados que pretenden controlar y proteger más estrictamente su *blockchain*.
  - iii) Algunas de ellas permiten revelar selectivamente información de transacciones basada en la identidad o las credenciales de los nodos, con lo cual se puede obtener cierto grado de privacidad en las mismas.
  - iv) Hacen uso de modelos de consenso más rápidos y menos costosos comparados con las *blockchains* sin permiso.
  - v) Los nodos tienen desincentivos naturales para cometer fraude o para tener un mal comportamiento.
  - vi) Hyperledger Fabric se diferencia de otras redes *blockchain* por ser una red *blockchain* con permiso privada, motivo por el cual presenta un alto rendimiento de transacción y baja latencia. Asimismo, permite la generación de canales para que grupos de participantes cuenten con libros de transacciones separados y no tiene dependencia sistémica de una criptomoneda nativa.
- 8) Podría ser una herramienta adecuada para la gobernanza de datos, permitiendo formas alternativas para su gestión y distribución; pudiendo garantizar tanto una alta disponibilidad, como el pleno control de los datos personales (Finck, 2019, págs. III, 93).
- 9) Podría permitir a los gobiernos la creación de marcos nacionales de identidad digital, mediante registros descentralizados que pudieran representar una alternativa para la gestión de la identidad (ITU, 2018, como se citó en Allende, 2020, pág. 39).

### 3.8.2 Desventajas

- 1) Los altos costos de capital inicial podrían representar un obstáculo considerable para cambiar hacia un sistema basado en *blockchain*, aunado a las adecuaciones necesarias en los sistemas existentes (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 32; Golosova & Romanovs, 2018) para poder llevarlo a cabo.
- 2) Es difícil actualizar grandes plataformas DLT. Los sistemas descentralizados tienen que obtener el consentimiento de todos los participantes para actualizar la plataforma. Tareas sencillas como la introducción de nuevas características de privacidad y escalabilidad pueden ser mucho más complejas en comparación con los sistemas centralizados (ITU, 2019b, pág. 27).
- 3) Su característica de inmutabilidad hace inalcanzable la garantía del derecho a la rectificación y cancelación de datos personales que, en su caso, hayan sido almacenados en la *blockchain*; contraviniendo esto lo dispuesto en los reglamentos, leyes y/o normativas relativas a la protección de los mismos. La exposición de los datos personales pondría en riesgo la privacidad<sup>13</sup>.
- 4) Dependiendo del tipo de *blockchain*, puede requerir de gran capacidad computacional y altos consumos de energía (Van Hijfte, 2020, pág. 40). Ejemplo de ello son aquellas *blockchains* que hacen uso de modelos de consenso como PoW (RAND Corp., 2017, como se citó en ITU, 2019b, pág. 27).
- 5) Si bien, la propiedad de una clave privada puede permitir el control de la información, la pérdida de esta puede dar lugar a la pérdida permanente del acceso a la misma.
- 6) Las *blockchains* sin permiso (Falazi et al., 2019; Schatsky et al., 2018, como se citó en ITU, 2019b, pág. 23):
  - i) Suelen incluir una criptomoneda nativa, lo cual podría implicar intervencionismo por parte de las autoridades encargadas del sistema financiero de cada país.

---

<sup>13</sup> En México, de conformidad con el Manual del participante relativo a Introducción a la LGPDPPSO elaborado por el INAI, “La protección de los datos personales ha sido la política pública adoptada en el mundo para proteger la privacidad de los ciudadanos...” (INAI, 2017, pág. 8).

- ii) Dado que están abiertas a la participación de todos, algún nodo malintencionado podría intentar publicar bloques de una manera que subvierta el sistema, por lo que para evitarlo, este tipo de *blockchains* utilizan modelos de consenso que exigen que los nodos gasten o conserven recursos cuando intentan publicar bloques.
  - iii) Problemas de escalabilidad pueden crear cuellos de botella en el rendimiento y la velocidad de procesamiento que se ven afectados por el modelo de consenso y el número de nodos presentes en la red.
  - iv) Los datos almacenados se replican completamente entre todos los nodos y son accesibles públicamente, implicando esto problemas de confidencialidad.
- 7) Las *blockchains* con permiso (Yaga et al., 2018; Androulaki et al., 2018; Ajn & van de Ruit, 2018; Lyons & Courcelas, 2020a):
- i) Tienen el inconveniente que, si una sola entidad central controla quién puede publicar bloques, los nodos tendrán que confiar plenamente en ella.
  - ii) Plantea la cuestión de si esta es más adecuada que una base de datos centralizada, puesto que comparten similitudes.
  - iii) Aunque existen soluciones como *blockchains* con permiso privadas, así como técnicas criptográficas robustas, aún hay preocupaciones de seguridad cibernética que deben abordarse antes de que se confíen datos personales a una solución *blockchain*. La computación cuántica, por ejemplo, está avanzando rápidamente y existe una creciente preocupación de que esta se torne lo suficientemente poderosa como para vulnerar a dichos sistemas.
- 8) El uso de contratos inteligentes puede plantear los siguientes retos (Ajn & van de Ruit, 2018; Wüst & Gervais, 2018; Wright & De Filippi, 2015):
- i) Derivado de que heredan la propiedad de inmutabilidad de la *blockchain*, no es posible modificarlos una vez desplegados en la misma, por lo que si los términos subyacentes del contrato cambian, debe ser publicado un nuevo contrato.

- ii) Se pueden convertir en blancos de ataques, si el programa no se escribe de manera cuidadosa, no es verificado y no dispone de mecanismos que permitan corregir las vulnerabilidades.
- iii) Pueden plantear cuestiones legales en relación con la jurisdicción y leyes aplicables y traen consigo un nuevo cuerpo de leyes denominadas *Lex Cryptographia*.

### **3.9 Experiencia internacional en el uso de *blockchain* en diversos sectores**

Mientras que la mayoría de las aplicaciones de la tecnología *blockchain* están en la industria financiera (Attaran & Gunasekaran, 2019, pág. 27), esta también puede ser utilizada, como se mencionó en el apartado 3.7 Protección de datos personales y privacidad, para asegurar y compartir datos y registros importantes, por ejemplo, los registros de identidad, que podrían encadenarse y utilizarse para proporcionar una identidad segura, única y verificable a todos los agentes de la economía digital. Asimismo, puede utilizarse para los registros de activos, por ejemplo, en relación con los títulos de propiedad de la tierra, o para mejorar la seguridad y el intercambio de datos importantes como los registros de salud de los pacientes o de las certificaciones educativas. Con datos verificados en una *blockchain*, también podría ser posible diseñar sistemas de votación electrónica fiables (Lyons et al., 2018a, pág. 4).

Otro conjunto de casos de uso de *blockchain* gira en torno a la vigilancia y la regulación de los mercados de diversos tipos, apoyando a los gobiernos en su tarea de proteger a los consumidores y mantener los mercados seguros y viables. Los libros mayores compartidos pueden ayudar a los gobiernos a reducir las fricciones en la recopilación y agregación de datos de los participantes en los mercados que supervisan, e incluso pueden abrir una vía para la recopilación de datos en tiempo real y la supervisión de los mercados. Los libros mayores compartidos podrían utilizarse para combatir el fraude fiscal y racionalizar la forma en que se calculan y recaudan los impuestos, así como la forma en que los gobiernos gestionan sus

propios gastos, ya sea en materia de adquisiciones, derechos o administración (Lyons et al., 2018a, pág. 4).

En los siguientes apartados, se detalla de manera particular su aplicación en algunos de los sectores mencionados anteriormente.

### **3.9.1 Servicios financieros**

La tecnología *blockchain* se puede utilizar para facilitar los pagos interbancarios e internacionales (Berryhill et al., 2018, pág. 25), permitiendo la ejecución de contratos cuando se cumplen condiciones especiales o cuando un instrumento financiero cumple un determinado punto de referencia. Por lo tanto, podría simplificar y automatizar el cumplimiento del proceso, lo cual da cabida a una supervisión en tiempo real de la actividad financiera entre los reguladores y las entidades reguladas; y elimina la necesidad de terceros que apoyan a la verificación y validación de las transacciones. Asimismo, podría minimizar el fraude estableciendo historiales completos de dichas transacciones (World Economic Forum, 2016; el nombre puede ser traducido como “Foro Económico Mundial”, como se citó en Attaran & Gunasekaran, 2019, pág. 22).

Un ejemplo de este tipo de aplicación consiste en Ripple, una compañía de *blockchain* empresarial que ofrece soluciones que unifican la infraestructura subyacente a los pagos globales a través de la tecnología financiera descentralizada (Ripple, s.f.-a). Dicha empresa coadyuvó con Santander para el desarrollo de su servicio denominado One Pay FX, el cual permite hacer pagos instantáneos o en el mismo día, a bajo costo, conociendo exactamente cuánto recibe el destinatario y cuándo recibirá el dinero (Ripple, s.f.-b). One Pay FX ha sido lanzado en España, Reino Unido, Brasil, Polonia, Chile y Portugal, y ha convertido a Santander “en el primer banco a nivel mundial en ofrecer transferencias internacionales basadas en blockchain entre clientes particulares y en distintos países de forma simultánea” (Santander, 2020, párr. 3).

Otro ejemplo de este tipo de aplicación es el de Singapur con el proyecto Ubin, el cual corresponde a una colaboración entre la autoridad monetaria de dicho país (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, MAS) y la industria, con el fin de

explorar el uso de *blockchain* y las DLTs para la compensación y liquidación de pagos y valores (Monetary Authority of Singapore [MAS], 2019a). En la fase 1, el MAS se asoció con R3 y un consorcio de instituciones financieras en un proyecto de PoC para realizar pagos interbancarios utilizando la tecnología *blockchain*, y publicó un informe en el cual se englobaron los aspectos más adecuados de las DLTs para los sistemas de liquidación y se detallaron los principios de diseño utilizados para el prototipo. En la fase 2, el MAS y la asociación de bancos de Singapur (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, ABS) dirigieron el desarrollo exitoso de prototipos de *software* de tres modelos diferentes para pagos y liquidaciones interbancarias descentralizadas con mecanismos de ahorro de liquidez. El MAS y la ABS publicaron un informe en el que describieron los prototipos desarrollados, así como las conclusiones y observaciones del proyecto. Los códigos fuente y la documentación técnica también se publicaron para su acceso público bajo la licencia Apache, versión 2.0. En la fase 3, el MAS y la bolsa de Singapur (por sus siglas en inglés, SGX) colaboraron en el desarrollo de capacidades de entrega contra pago (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, DvP) para la liquidación de activos simbólicos a través de diferentes plataformas *blockchain*, y publicaron conjuntamente un informe con una visión completa de la automatización de los procesos de liquidación de DvP mediante la utilización de contratos inteligentes. En la fase 4, el banco de Canadá (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, BoC), el banco de Inglaterra (por sus siglas en inglés, BoE) y el MAS publicaron conjuntamente un informe en el que evaluaron modelos alternativos que podrían mejorar los pagos y liquidaciones transfronterizos. Posteriormente, el MAS y el BoC vincularon sus respectivas redes experimentales de pagos nacionales, a saber, el Proyecto Ubin y el Proyecto Jasper, y realizaron un experimento satisfactorio sobre los pagos transfronterizos y entre divisas utilizando las monedas digitales del banco central, lo cual tiene grandes posibilidades de aumentar la eficiencia y reducir los riesgos de dichos pagos. El MAS y el BoC publicaron conjuntamente un informe en el que se propusieron diferentes opciones de diseño para los sistemas de liquidación. El proyecto Ubin actualmente se encuentra en la fase 5, la cual consiste

en desarrollar el modelo de pagos multivisa descrito en la fase 4 (MAS, 2019b; MAS, 2019c).

### **3.9.2 Identidad digital**

Las personas y las organizaciones, tanto públicas como privadas, requieren para muchos tipos de interacción que se pueda verificar fehacientemente la identidad de la otra parte. En el mundo físico, el proceso de verificación de la identidad se basa en credenciales físicas...que acreditan la identidad de su portador de alguna forma. (Pareja et al., 2017, pág. 7)

En la economía digital es necesario identificar a las personas a distancia, sin mediar una interacción física, en la mayoría de los casos sin conocimiento previo de la otra parte y muchas veces siendo una computadora la encargada de ejecutar el proceso. Como consecuencia, la gestión de la identidad conlleva, por un lado, desafíos en cuanto a privacidad, protección de datos y nuevos riesgos de fraude y, por el otro, la necesidad de revisar y ajustar esquemas de gobernanza, marcos legales y tecnologías que puedan estar quedando obsoletos. (Pareja et al., 2017, pág. 7)

Para crear una economía digital se necesitan credenciales para el mundo digital, pero el principal problema de la identidad digital hoy en día es que está en gran medida centralizada. Esto no significa que exista una única fuente central de identidades digitales, sino más bien que las identidades digitales casi siempre son proporcionadas por un tercero (a menudo una empresa privada) para un propósito específico propio (Lyons et al., 2019, págs. 8, 10).

Para la construcción de marcos de identidades, las siguientes capacidades básicas deberían ser consideradas:

- **Identificador único:** A menudo denominados identificadores descentralizados (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, DIDs), creados por un individuo o una entidad, el cual tiene una parte pública y una parte secreta asociada, que está bajo control de la persona o entidad que lo creó, y que puede utilizarse para demostrar la "propiedad" de ese DID. Una persona o entidad puede crear tantos DIDs como sea necesario para cualquier propósito.
- **Contenido o datos reales:** Se requerirá transferir los datos de manera que sean comprensibles y utilizables por cualquier sistema. Este esfuerzo de normalización podría adoptar la forma de credenciales verificables, en las que un emisor produce y firma una credencial para un individuo que posteriormente puede presentarla a un verificador.
- **Capacidad de almacenar datos:** Las credenciales suelen almacenarse directamente en el dispositivo del individuo o de forma segura en terceros. Estos almacenes privados de identidad se denominan de diversas maneras centros de identidad o casilleros de datos personales. Cuando están bajo el control exclusivo del individuo, las identidades se consideran autosoberanas.
- **Medidas de seguridad adecuadas:** La seguridad pasa a ser responsabilidad del individuo, que puede decidir implementar sus propias medidas de seguridad o subcontratar la tarea.
- **Una interfaz:** Para implementar la identidad descentralizada, los individuos necesitarán un medio para crear y utilizar sus DIDs. Estos medios pueden adoptar la forma de carteras digitales, normalmente en el teléfono de los individuos, o de otros tipos de agentes. Como en todos los demás aspectos de la identidad descentralizada, el elemento esencial es que la cartera, y el acceso a ella, están bajo el control exclusivo del individuo. (Lyons et al., 2019, pág. 15)

Dentro de estos nuevos marcos de identidades basados en el concepto de identidades descentralizadas, se encuentra aquella denominada como identidad autosoberana (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, SSI), a través de la cual se elimina la necesidad de terceros. Para ello, el individuo genera su propia identidad por lo general creando su propio identificador único y luego adjuntando información

de identidad a ese identificador. Al asociar credenciales verificables de autoridades reconocidas, por ejemplo, de gobiernos, los individuos pueden crear los equivalentes digitales de las credenciales del mundo físico, como las identificaciones nacionales y los permisos de conducir (Lyons et al., 2019, págs. 5-6).

Aunque la tecnología *blockchain* no es necesaria para la identidad descentralizada, pero puede ser una solución eficaz para diferentes aspectos, en razón de que proporciona una infraestructura ya preparada para gestionar los datos de forma descentralizada y fiable (Lyons et al., 2019, pág. 16).

Estonia tiene el sistema de credenciales de identificación nacional más desarrollado del mundo, cada habitante tiene una identidad digital emitida por el Estado. Mucho más que un documento legal de identidad con fotografía, la credencial nacional obligatoria proporciona acceso digital a todos los servicios electrónicos de Estonia y puede utilizarse como prueba definitiva de la identificación en un entorno electrónico. Regularmente se utiliza como: identificación legal para los ciudadanos de ese país que viajan dentro de la Unión Europea; credencial de seguro médico nacional y comprobación de registros médicos; prueba de identificación al acceder a cuentas bancarias; firmas digitales; y para emitir el voto a través de Internet (denominado como *i-Voting*) (e-estonia, s.f.-a). Cabe resaltar, que en Estonia el 99% de los servicios públicos están disponibles en línea las 24 horas del día, los 7 días de la semana, a excepción de los matrimonios, divorcios y transacciones de bienes raíces (e-estonia, s.f.-b), y es el primer país en utilizar *blockchain* a nivel nacional. En 2007, desarrollaron la tecnología *blockchain* KSI para garantizar la integridad de los datos almacenados en los registros gubernamentales (e-estonia, s.f.-c).

Existen algunas aplicaciones para los servicios de identidad que van más allá de poseer una cédula de identidad, que se enfrentan al reto de validar que una persona es realmente quien dice ser. Soluciones que implican la utilización tanto de *blockchain* como de la inteligencia artificial (en lo sucesivo por sus siglas en inglés, AI), están orientadas a que cuando un individuo se registre, se le autentique como una persona real (Muzaffar, 2019; Businesswire, 2020). Ejemplo de ello es Viola.AI,

la cual utiliza la *blockchain* para construir un registro de relaciones global transparente, abierto y accesible para todos. La tecnología crea contratos inteligentes y carteras digitales para los individuos que permiten a Viola.AI verificar su identidad, incluso mediante el reconocimiento visual. Su motor de AI rastrea intereses y antecedentes comunes para encontrar coincidencias más nítidas que las que serían posibles con los algoritmos estándar de las aplicaciones de citas. En este mismo sentido, DateCoin combina redes neuronales y algoritmos de AI con *blockchain* para prometer una experiencia de citas más segura y transparente (Muzaffar, 2019).

También resulta importante señalar el ejemplo de Decentraland, la cual es una es una plataforma de realidad virtual impulsada por la *blockchain* Ethereum. Esta plataforma proporciona una infraestructura para apoyar un mundo virtual compartido, también conocido como metaverso. Consiste en un libro mayor descentralizado para la propiedad de la tierra, un protocolo para describir el contenido de cada parcela, y una red de pares para las interacciones de los participantes, lo cuales pueden crear, experimentar y monetizar contenidos y aplicaciones. La tierra en Decentraland es un activo digital no fungible, transferible y escaso, almacenado en un contrato inteligente de Ethereum; y es permanentemente propiedad de la comunidad, lo que les da un control total sobre sus creaciones. Los propietarios de la tierra controlan el contenido que se publica en su porción de tierra, identificada con un conjunto de coordenadas cartesianas (x,y). Los contenidos pueden ir desde escenas estáticas en 3D a sistemas interactivos como juegos (Ordano et al., s.f., págs. 1,4).

Decentraland implementa un sistema de identidad que permite a los usuarios establecer la propiedad sobre las creaciones originales. La propiedad de la tierra de Decentraland es un tipo de sistema de identidad, donde las credenciales son las coordenadas de la propia tierra. Los incentivos económicos también son necesarios para garantizar que los creadores de avatares, objetos y *scripts* sigan construyendo y distribuyendo. Dado que los contenidos pueden copiarse arbitrariamente, se debe confiar en los acuerdos sociales para imponer retribución al creador. Además, puede utilizar sistemas de identidad descentralizados para crear una capa de

propiedad sobre los objetos del mundo. Este sistema debe permitir a los participantes verificar fácilmente el consentimiento de un autor vinculando las claves públicas y las firmas con nombres legibles (Ordano et al., s.f., págs. 9,11-12).

A pesar de lo anterior, una de las cuestiones críticas para los sistemas de autenticación en línea es la identificación inicial o la verificación inicial de la información de identidad y la generación de las correspondientes identidades digitales, es decir, el vínculo entre los datos de identidad de una persona y un medio de autenticación (Berghoff et al., 2019, pág. 64). Todos los enfoques para implementar la identidad descentralizada tendrán que resolver un conjunto similar de problemas, la mayoría de los cuales se relacionan con la búsqueda de formas de garantizar la confianza en la información sin recurrir a alguna autoridad (Lyons et al., 2019, pág. 14).

### **3.9.3 Industria**

La tecnología *blockchain* tiene un gran potencial para una serie de actividades en la industria, dado que puede utilizarse para resolver problemas de fabricación, especialmente en la gestión de la cadena de suministro, incluido el seguimiento de los contenedores durante el proceso de envío y el registro de información importante sobre los productos en toda la cadena (Attaran & Gunasekaran, 2019, pág. 27). Esta tecnología permitiría conocer los detalles de cada componente y lo haría accesible a cada participante en el proceso de producción. Asimismo, permitiría a las empresas ver a través de los niveles de la cadena de suministro, tanto en las fases anteriores como posteriores (O'Leary, 2017, como se citó en Attaran & Gunasekaran, 2019, pág. 29) y permitiría mejorar y acelerar el intercambio de información (Williams et al., 2013; Gupta, 2017, como se citó en Attaran & Gunasekaran, 2019, pág. 29). Esta posibilidad de compartir información puede considerarse como un fortalecimiento de la capacidad general de controlar la cadena de suministro y sus actividades (Attaran & Gunasekaran, 2019, pág. 29).

*Blockchain* también permitiría construir confianza en la trayectoria de un producto. Los clientes podrían saber su procedencia y de su impacto en el medio ambiente. Los productores y los minoristas se beneficiarían de un mejor seguimiento

de los productos y de la potenciación de los clientes con esta nueva información (Adams et al., 2017; Bridgers, 2017; Seidel, 2018; Shermin, 2017; Watson y Mishler, 2017, como se citó en Attaran & Gunasekaran, 2019, pág. 30).

Por ejemplo, la *blockchain Food Trust* de la empresa “*International Business Machines*” (en lo sucesivo, IBM) cuyo nombre puede ser traducido como “Máquinas de Negocios Internacionales”, se puso en marcha a través del lanzamiento de la primera *blockchain* alimentaria operativa de Europa mediante el uso de Ethereum por la empresa francesa Carrefour. Aplicada en sus inicios al pollo de la división de calidad y origen Carrefour y posteriormente a cuatro productos más: tomates, huevos, leche y queso rocamadour AOC; tienen contemplado para el año 2022 incluir a todos los productos alimenticios restantes pertenecientes a las referidas divisiones. Todo esto, con la finalidad de permitir la trazabilidad de los alimentos desde la granja hasta el minorista y más allá, para hacer transparente y accesible a los consumidores cada etapa de la producción de un lote de productos alimentarios (Morris, 2018; Carrefour, s.f.).

Otro ejemplo es el de IOTA, una DLT que permite el intercambio seguro tanto de valor como de datos sin ninguna comisión. Tangle es la red de IOTA. Registra de forma inmutable el intercambio de datos y valores; garantiza la fiabilidad de la información, la cual no puede ser ni manipulada ni destruida; y es el primer libro mayor distribuido construido para el "Internet de todo", una red para el intercambio de valor y datos entre humanos y máquinas. No hay bloques ni mineros. Cuando se envía una transacción, IOTA valida otras dos transacciones, superando con esto las limitaciones de costo y escalabilidad de *blockchain*. IOTA es la columna vertebral del Internet de las cosas (por sus siglas en inglés, IoT) y está preparada para desempeñar un papel central en la próxima revolución industrial, permitiendo las relaciones económicas entre las máquinas y tendiendo un puente entre las economías humana y de las máquinas (IOTA, s.f.).

#### **3.9.4 Servicios notariales**

En el contexto notarial se han propuesto varias aplicaciones que aprovechan las características de la tecnología *blockchain*, así como su disponibilidad pública. Por

ejemplo, los enfoques orientados a la protección de los derechos de propiedad intelectual. Aquí, *blockchain* se utiliza para probar la existencia de un documento en un momento dado. Generalmente se almacena en el libro mayor el *hash* de un documento junto con una marca de tiempo; de esta manera, el autor puede probar que él lo creó. Soluciones más sofisticadas tienen como objetivo explotar la tecnología *blockchain* y los contratos inteligentes para reducir la carga de trabajo de los notarios y permitir que las personas definan automáticamente los acuerdos entre las partes. Desde este punto de vista, los contratos inteligentes podrían utilizarse, por ejemplo, para el alquiler y el intercambio de propiedades (Gatteschi et al., 2020, págs. 96-97).

Por ejemplo, en Ghana la tecnología *blockchain* facilita un nuevo método de gestión de la tierra menos propenso a la corrupción y más transparente (Do4Africa, s.f.). El sistema BenBen proporciona un registro digital de tierras gestionado por Ethereum. Este, puede certificar la información sobre la tierra mediante una combinación de imágenes satelitales y verificaciones sobre el terreno. Agrupa toda la información de modo que las instituciones financieras y la Comisión de Tierras tienen acceso a los datos en tiempo real. El referido sistema proporciona información instantánea, fiable y sin manipular para determinar la legalidad de una reclamación sobre la propiedad de la tierra (Berryhill et al., 2018, pág. 36).

En el caso de los registros públicos, los notarios suelen ser necesarios para verificar y firmar los contratos, además de las partes implicadas. La mayoría de las *blockchains* actuales permiten la creación de cuentas con más de una clave privada asociada y requieren de cierto número de estas claves para realizar una transacción. Estas se denominan billeteras multifirma y contratos o, simplemente, multisig. Los validadores comprueban cuántas firmas se requieren para que una transacción sea válida. Un requisito previo para una cuenta multisig es que todos los participantes tengan sus cuentas en la *blockchain*. Para crear una cuenta multisig es necesario designar a los propietarios de la cuenta por su clave pública y definir el número de firmas necesarias para realizar una transacción (Braun-Dubler et al., 2020). Una billetera digital multisig puede ser un contrato inteligente construido en Ethereum que define un conjunto de reglas para gestionar y transferir

fondos y que utiliza solidity como lenguaje de programación (Manoj, 2018; Chittoda, 2019). Bitcoin también admite transacciones que requieran varios firmantes, para ello por ejemplo, emplea la billetera digital Electrum escrita en el lenguaje de programación python (Jain, 2020).

### **3.9.5 Salud**

A pesar de lo vital y valiosa que es la información personal de salud, la mayoría de los individuos no tienen control sobre ella. Con la ayuda de *blockchain* se podría aplicar el concepto de identidad descentralizada como la SSI a los datos de salud, permitiendo a los individuos almacenar sus propios registros de salud y controlar el acceso a los mismos. Los registros médicos autosoberanos podrían ayudar a los primeros respondientes en una emergencia a tener un acceso rápido a la historia médica de un paciente, y también a simplificar las admisiones, así como a racionalizar y mejorar la atención en médicos y hospitales (Lyons & Courcelas, 2020b, págs. 5-6).

Por ejemplo, Estonia ha revolucionado su sistema de salud con soluciones electrónicas innovadoras mediante las cuales, tanto pacientes como médicos, hospitales y el mismo gobierno, se benefician del cómodo acceso y los ahorros que estas han traído consigo. La historia clínica electrónica (denominada en inglés como “*e-Health Record*”), es un sistema de alcance nacional que integra los datos de los diferentes proveedores de servicios de salud de dicho país, para crear un registro común al que todos los pacientes pueden acceder en línea. Corresponde a una poderosa herramienta para los médicos mediante la cual pueden acceder fácilmente a los registros de un paciente desde un único archivo electrónico. Por tanto, estos pueden leer los resultados de las pruebas a medida que son introducidas, incluidos archivos de imágenes como radiografías. Cada persona en Estonia que ha visitado un médico tiene un registro de salud electrónica en línea que puede ser rastreado. La información de salud, definida por la credencial de identificación electrónica, se mantiene completamente segura al mismo tiempo que es accesible solamente para aquellas personas que hayan sido autorizadas. Como fue señalado anteriormente, con la finalidad de que el sistema garantice la integridad de los datos, están

haciendo uso de la tecnología desarrollada por ellos mismos denominada *blockchain* KSI (e-estonia, s.f.-d).

### **3.9.6 Votación electrónica**

*Blockchain* tiene el potencial de permitir nuevos métodos de votación al transformar lo que a menudo sigue siendo un proceso basado en el papel, o un proceso electrónico con capacidades limitadas de validación y auditabilidad. Esto puede aumentar la conveniencia y la confianza de los ciudadanos. Al garantizar que los votos individuales sean admisibles y se cuenten correctamente, el uso de *blockchain* también tiene el potencial de ayudar a prevenir problemas de votación como el fraude electoral, que todavía persisten en muchos países. Si no se superan estos desafíos, pueden dar lugar a una falta de confianza en los procesos democráticos y pueden arrojar resultados de las elecciones que no reflejan los intereses del ciudadano (Foroglou & Tsilidou, 2015, como se citó en Berryhill et al., 2018, pág. 27).

En este sentido, y como lo mencionan Wüst y Gervais (2018), el voto electrónico es un problema con numerosas dificultades. Muchas de las propiedades deseadas de la votación electrónica tienen compensaciones. Por un lado, por ejemplo, la privacidad es un requisito principal considerando que los votos deben ser anónimos para evitar la coerción. Por otra parte, esta debería proporcionar algún tipo de verificación pública, porque de lo contrario, alguien que haya logrado comprometer el sistema podría cambiar los votos a voluntad. En la votación electrónica participan diversas partes y estas no suelen confiar entre sí. Debido a ello, parece razonable que la tecnología *blockchain* puede ayudar a conseguir algunas de las propiedades deseadas (pág. 52). Por ejemplo, en 2018 el país africano Sierra Leona fue el primero en utilizar *blockchain* en unas elecciones, mediante el uso de la tecnología desarrollada por la empresa Agora (Beamonte, 2018) con sede en Suiza, la cual ofrece una solución de votación verificable de extremo a extremo para gobiernos e instituciones. Dicha empresa señala que las elecciones en su red son a prueba de manipulaciones durante todo el proceso de

votación y ofrecen una total transparencia a los votantes, a los auditores externos y al público en general (Agora, s.f.).

### **3.10 Controversias**

La Comisión de Valores y Bolsa (por sus siglas en inglés, SEC) de Estados Unidos de América sin autorización del Congreso de dicho país o de la elaboración de normas formales, ha estado persiguiendo empresas *blockchain* que supuestamente venden valores no registrados. Recientemente ha denunciado a LBRY y su criptomoneda nativa LBC y también ha acusado a Ripple de realizar oferta de valores no registrada (Jossey, 2021; Sinclair, 2021; Securities and Exchange Commission [SEC], 2020, el nombre puede ser traducido como “Comisión de Valores y Bolsa”).

La SEC permaneció en silencio durante el auge de las ofertas iniciales de monedas (por sus siglas en inglés, ICOs), pero luego abrumó a los fundadores de *alt-coin*, criptomonedas alternativas a Bitcoin, con un cúmulo de citaciones a partir de 2018. Aunque algunas ICO eran estafas y merecían ser procesadas, otras eran y son empresas legítimas que están creando redes viables y proporcionando valor a los compradores y consumidores. LBRY, Inc. es una de esas empresas, ya que promueve una red abierta, libre y justa para los contenidos digitales que asegura la descentralización a través de cientos de desarrolladores que contribuyen en todo el mundo (muchos de ellos desconocidos para la empresa). Aunque en algún momento podría competir con proveedores de contenidos de video como YouTube y Amazon, antes se arriesga a la bancarrota en una lucha legal con el gobierno estadounidense por violaciones que carecen de víctimas (Jossey, 2021).

LBRY ofrecía créditos LBRY (LBC) a los desarrolladores de *software* a cambio de contribuciones a la red y vendía LBC en las bolsas para fomentar su uso y financiar las operaciones. La SEC afirma que los LBC son valores no registrados a pesar de su utilidad real y generalizada en la red. La demanda solicita un requerimiento judicial permanente, la devolución de las "ganancias mal habidas", sanciones civiles y otros recursos; no obstante, esta carece de reclamaciones de

daños por parte de los usuarios de la plataforma y la discusión sobre la naturaleza descentralizada de LBRY. Si tiene éxito, la SEC ahogará la innovación y atrincherará a los operadores tradicionales, al tiempo que perjudicará a los usuarios de las plataformas que la SEC dice estar tratando de proteger (Jossey, 2021).

Sin embargo, la empresa declaró que si la SEC lograba cerrar LBRY, Inc. la plataforma y el ecosistema de LBRY no se verán afectados, ya que está totalmente descentralizado con "cientos de personas en seis continentes", la mayoría de las cuales no son empleados de LBRY, que contribuyen a la red en 2020. (Mapperson, 2021, párr. 11)

Para el caso de Ripple, según la denuncia de la SEC, Ripple Labs Inc. y dos de sus ejecutivos, recaudaron capital para financiar el negocio de la empresa. La demanda alega que Ripple recaudó fondos a partir de 2013, mediante la venta de activos digitales conocidos como XRP en una oferta de valores no registrada a inversores de Estados Unidos de América y de todo el mundo. Ripple también habría distribuido miles de millones de XRP a cambio de contraprestaciones no monetarias, como servicios laborales y de creación de mercado. Según la demanda, además de estructurar y promover las ventas de XRP utilizadas para financiar el negocio de la compañía, los ejecutivos implicados también efectuaron ventas personales no registradas de XRP. La demanda señala que los acusados no registraron sus ofertas y ventas de XRP ni cumplieron con ninguna exención de registro, en violación de las disposiciones de registro de las leyes federales de valores (SEC, 2020).

Las acciones contra LBRY y Ripple, son los más recientes pasos de la SEC para poner a este tipo de empresas bajo su ámbito y ha optado por costosas investigaciones de años como su principal interfaz con estos nuevos actores tecnológicos. En la actualidad, la SEC deja pocas opciones buenas: a) crear una plataforma que funcione con una moneda nativa y esperar una temida investigación; b) pasar por un costoso proceso de registro o calificación con obligaciones de información perpetua y costos de cumplimiento anuales de seis a siete cifras; o c) trasladarse a una jurisdicción diferente y no vender tokens a los ciudadanos

estadounidenses. Los proyectos de *blockchain* sin permiso de código abierto que requieren la participación de los desarrolladores y la adopción masiva, no encajan con estas opciones. Las redes descentralizadas, por su naturaleza, no tienen puntos centrales de autoridad, sino que suelen depender de los equipos fundadores y del capital inicial para ganar impulso (Jossey, 2021).

### **3.11 Conclusiones del capítulo**

Por su estructura, la tecnología *blockchain* cuenta con una serie de características que potencialmente pueden mejorar y optimizar de manera sustancial diversos procesos. Sus características descentralizada y distribuida hacen a los sistemas más robustos, y el hecho de que sea inmutable garantiza que lo que se haya plasmado en la *blockchain* no pueda ser eliminado ni alterado, permitiendo esto contar con un registro intacto del histórico de las transacciones validadas por consenso que se han ejecutado de manera cronológica en la misma.

Dependiendo del propósito que se busque para la implementación de esta tecnología se debe considerar el tipo de *blockchain* a elegir (sin permiso, con permiso pública o con permiso privada) y el modelo de consenso a emplear. De manera particular, si se requiere que haya restricciones para la lectura de los datos, entonces se debe considerar el uso de una *blockchain* privada. Además de esto, si se requiere tener pleno control de todos aquellos que participan en la *blockchain* y se pretenden asignar ciertos permisos basados en los roles, entonces debe ser elegida una *blockchain* con permiso, siendo plataformas como R3 Corda y Hyperledger Fabric un buen referente para ello, con la particularidad de que Corda ve su principal campo de aplicación en el sector de servicios financieros a diferencia de Fabric, que está diseñada para esquemas corporativos y que pretende ofrecer una arquitectura modular y ampliable que pueda emplearse en diversos sectores. Si aunado a lo anterior se busca inhibir que los participantes tengan un comportamiento inadecuado y que incurran en conductas ilícitas, entonces un modelo de consenso como el de PoA correspondería a una opción viable, además de que su adopción supera las desventajas de otro tipo de modelos de consenso

como PoW o PoS relativas a, por ejemplo, la rapidez de procesamiento de nuevos bloques o al consumo de recursos.

La mejora y optimización sustancial de diversos procesos se puede lograr mediante el despliegue de contratos inteligentes en la *blockchain*, dado que además de que los automatizaría, permitirían poder prescindir de terceros para llevar a cabo la ejecución de los acuerdos entre las partes. Con la finalidad de que den cumplimiento a estos objetivos, dichos contratos deben ser elaborados de manera meticulosa y deben contemplar tanto mecanismos que permitan corregir las vulnerabilidades, como la realización de auditorías de seguridad para mitigar que sean propensos a ser blancos de ataques; ya que de lo contrario, traerían consigo mayores desventajas que beneficios.

A pesar del debate que se ha generado en torno a la tecnología *blockchain* a causa de los posibles riesgos de su uso y la experiencia internacional donde los gobiernos han intervenido, como las controversias del gobierno estadounidense con empresas como LBRY y Ripple, donde la SEC ha estado persiguiendo a este tipo de empresas *blockchain* que supuestamente venden valores no registrados y motivo por el cual consideran que estas debieron haber sido reguladas, aspecto que ha derivado en que las criptomonedas que son soportadas por esas *blockchains* pierdan valor o pretendan ser bloqueadas; además de las virtudes que su adopción implicaría, las aplicaciones que más se benefician de las características con las que esta tecnología cuenta son principalmente: a) la construcción y generación de una identidad digital, la cual puede incluir expedientes únicos electrónicos como el médico; b) su aplicación puede añadir gran valor, eficiencia y mayor control a los procesos que se llevan a cabo en los servicios financieros, la cadena de suministro y los servicios notariales como el registro de tierras, sin menos cabo de que pueda expandirse a otros rubros. Estonia, es un modelo a seguir al ser pionero en utilizar la tecnología *blockchain* a nivel nacional para garantizar la integridad de los datos almacenados en los registros gubernamentales.

Finalmente, aunque algunas de sus características traen consigo potenciales beneficios como el que sea un tipo de DLT o que sea inmutable, también es cierto que su uso implica una serie de retos a enfrentar cuando se habla del

almacenamiento de datos personales en la *blockchain*, por lo tanto, a la par que se considere su posible utilización para un caso de aplicación concreto, se debe tener presente el derecho a la protección de los datos personales y al de privacidad, a consecuencia de que esto se convierte en un aspecto álgido de abordar en el momento en el que se quiera garantizar el derecho a la cancelación o rectificación de los mismos; y aunque estos aspectos ya estén tratando de ser abordados, por ejemplo, desde la adopción del tipo de plataforma a emplear considerando la posibilidad de utilizar una *blockchain* con permiso, en la cual la lectura y escritura estaría restringida a cierto número de participantes y que cuente con ciertas particularidades como la creación de canales, con la finalidad de que se tengan libros de transacciones separados para que cada transacción entre un grupo de participantes no se dé a conocer a los demás miembros de la red, como en el caso de Hyperledger Fabric, o bien, considerar la posibilidad de almacenar ciertos datos fuera de la *blockchain*, con la finalidad de cumplir con la normativa aplicable en la materia; la decisión con respecto a su implementación deberá ser tomada considerando cuidadosamente estos aspectos. Para el caso particular del análisis de la utilización de esta tecnología para la portabilidad numérica, estos aspectos se abordan de manera puntual en el Capítulo 4 Análisis de la implementación de la portabilidad numérica utilizando *blockchain* en México.



**Capítulo 4**  
**Análisis de la implementación de la  
portabilidad numérica utilizando  
*blockchain* en México**

## Capítulo 4 Análisis de la implementación de la portabilidad numérica utilizando *blockchain* en México

### 4.1 Modelo

Al considerar la implementación de una solución de portabilidad, se requiere tener en cuenta dos aspectos clave para abordar la velocidad con la que se llevarán a cabo las transacciones y los costos de la portabilidad: 1) el proceso de portación de un número y 2) el enrutamiento de la comunicación a un número portado (Telcordia Technologies, 2017).

Como se indicó en los apartados 1.2 Solución implementada y 1.3 Proceso de portabilidad numérica, la solución implementada actualmente consiste en el mecanismo de enrutamiento directo denominado ACQ y el proceso de portabilidad numérica se lleva a cabo por 4 actores clave: el usuario, el ABD, el proveedor donador y el proveedor receptor. Recapitulando lo señalado en el apartado 1.3 Proceso de portabilidad numérica respecto a los tiempos para realizar el proceso de portabilidad, se tiene lo siguiente:

1. El usuario puede presentar su solicitud de portabilidad en días hábiles (de lunes a sábado) de 11:00 a 17:00 horas. Para ello, las personas físicas con números geográficos debieron haber solicitado y entregado el NIP de confirmación, y las personas físicas con números no geográficos y las personas morales debieron haber llenado y entregado el formato de solicitud de portabilidad.
2. Los proveedores receptores ingresan las solicitudes de portabilidad al ABD hasta las 17:00 horas.
3. Las validaciones a las que es sometida una solicitud de portabilidad implican los siguientes plazos máximos:
  - i) Validaciones iniciales del ABD (15 min).
  - ii) Validación/rechazo del proveedor donador para solicitudes de personas morales (2 horas).

- iii) En su caso, validación por el ABD de la procedencia o improcedencia del rechazo remitido por el proveedor donador y notificación del rechazo parcial o total de una solicitud de portabilidad (2 horas).
- iv) Notificación por parte del ABD a los proveedores involucrados en los movimientos de portabilidad, de los números que están listos para programarse (5 min).

Es decir, la duración del proceso de portabilidad hasta el punto en el que se determina qué números están listos para portarse es de 4 horas con 20 minutos. Una vez que los números se encuentran en esta condición, se llevan a cabo las siguientes acciones:

4. El ABD pone a disposición de los PSTs el archivo con la información de números a portarse o a eliminarse antes de las 22:59 horas del día hábil anterior a realizarse la portabilidad, cuya información contiene únicamente aquella que le hayan hecho llegar los PSTs antes de las 21:59 horas. Esto quiere decir que, a partir de las 21:20 horas que terminan de realizarse todas las validaciones (esto como resultado de que el límite de ingreso de solicitudes sea a las 17:00 horas, más las 4 horas con 20 minutos que duran las validaciones), los proveedores receptores cuentan con 29 minutos para programar la ejecución de las solicitudes de portabilidad.
5. Los PSTs ejecutan la portabilidad de los números a las 2:00 horas, es decir, 3 horas después de que el ABD generó el archivo de números a portarse y el servicio de los usuarios no se puede ver afectado por más de 30 minutos en el 95% de los casos y en ningún caso por más de 120 minutos, por lo que el cambio efectivo de compañía telefónica lo deben realizar en menos de 2 horas.

Ahora bien, previo a tomar una decisión respecto a la viabilidad de la utilización de la tecnología *blockchain* para considerarla como alternativa a la solución adoptada actualmente para la portabilidad numérica, se debe evaluar si su implementación tiene sentido o no. Para poder llevarlo a cabo, Wüst y Gervais

(2018) hacen mención a una serie de aspectos a considerar, los cuales contemplan lo siguiente:

1. ¿Existen varias partes que escriben el estado del sistema?
2. ¿Es necesario el almacenamiento de datos?
3. Si un tercero de confianza (por sus siglas en inglés, TTP) está disponible y suele estar fuera de línea, puede funcionar como autoridad de certificación.
4. En caso de optar por una *blockchain* con permiso, dependiendo de si se requiere una verificación pública, se puede permitir que cualquier persona lea el estado (*blockchain* con permiso pública) o se puede restringir el conjunto de lectores (*blockchain* con permiso privada).
5. Si el conjunto de escritores no es fijo y conocido por los participantes, una *blockchain* sin permiso es una solución adecuada. (pág. 47)

Respondiendo de manera general a los puntos anteriores, primero, sí existen varias partes que escriben el estado del sistema, correspondiendo estos a los PSTs; segundo, sí es necesario el almacenamiento de datos, los cuales consisten en las listas de transacciones creadas e intercambiadas por los pares de la red relativas a los movimientos de portabilidad; tercero, puede haber una autoridad de certificación en el establecimiento de una *blockchain* con permiso; y cuarto, se requiere restringir el conjunto de lectores.

Dicho lo anterior y de conformidad con lo presentado en el Capítulo 1 Portabilidad numérica en México, la portabilidad numérica está implementada como una medida regulatoria obligatoria que debe ser llevada a cabo por los PSTs del servicio fijo y móvil de telefonía, los cuales se acotan al proceso establecido en las reglas destinadas para ello. Por tanto, y de acuerdo con lo plasmado en el Capítulo 3 Tecnología *blockchain* (estado del arte), al plantear una solución alternativa al esquema actual esta debe contemplar un número restringido de participantes. En este sentido, la propuesta para la implementación de la portabilidad numérica consiste en una solución basada en una *blockchain* con permiso privada, con el objeto de autorizar solamente a un conjunto limitado de lectores y escritores. La entidad que decidiría y atribuiría el derecho a los PSTs de participar en las

operaciones de escritura o lectura, pero sin fungir como validador de las transacciones, podría corresponder al regulador en la materia, es decir al IFT, considerando que es una entidad en la cual los nodos podrán confiar plenamente, además de que es el organismo que cuenta con el control de las concesiones y autorizaciones para la provisión de los mencionados servicios, pudiendo actuar de esta manera como autoridad de certificación con el fin de evitar la participación de terceros.

Para este escenario de aplicación concreto, no se podría considerar el implementarlo como una *blockchain* sin permiso en virtud de que:

1. Un movimiento de portabilidad solo le incumbe a los PSTs y al IFT, y serían estos los únicos que deberían participar en la red, no así cualquier otro nodo ajeno a ello.
2. Se requiere que las entidades tengan identidades verificadas para permitir la rendición de cuentas y la trazabilidad.
3. Solo añadirá un bloque aquel nodo que tenga que registrar una serie de transacciones relativas a cada movimiento de portabilidad.

Por lo anterior, y conforme a lo descrito en el apartado 3.6 Plataformas *blockchain*, se propone el uso de la plataforma Hyperledger Fabric al operar en un entorno regulado y con permisos. No así de Corda, Ethereum o Bitcoin; ya que Corda ve su principal campo de aplicación en los sistemas financieros, y Ethereum o Bitcoin, quedarían inmediatamente descartadas al ser redes *blockchain* sin permiso en las que no se requiere ninguna autorización para unirse o abandonar la red y al tener dependencia sistémica de una criptomoneda nativa. Fabric permitiría crear canales separados entre los PSTs para que cada transacción se dé únicamente entre el proveedor donador y el proveedor receptor involucrados en el cambio y al final, a través de un canal común, solamente se notifique la ejecución exitosa de la portabilidad de un número con el objeto de que todos los otros PSTs actualicen su libro mayor de números portados.

En este punto cabe resaltar, que la definición de PST señalada en las reglas de portabilidad numérica abarca tanto a las comercializadoras como a los concesionarios (ACUERDOc, Regla 2, definición XV, 2018). De manera particular

para el caso de las comercializadoras, su participación directa en el esquema de portabilidad se dio a partir de la emisión del nuevo marco normativo plasmado tanto en el decreto por el que se emitió la LFTR (LFTR, 2021), así como en las reglas de portabilidad numérica de 2014 (ACUERDOa, 2014). Actualmente, en este último instrumento se establece que estas tienen, entre otras, la obligación de: interactuar con el ABD; tramitar directamente solicitudes de portabilidad en calidad de proveedor receptor; recibir los mensajes que como parte del proceso de portabilidad le correspondan en calidad de proveedor donador; y a solicitar la portabilidad de los números a través de los cuales provea servicios a sus usuarios (ACUERDOa, Regla 24, fracciones I-III, 2014). Por lo tanto, dadas las actuales obligaciones que estas tienen para permitir la portabilidad numérica, en la presente propuesta se establece que cada PST cuente con su propio libro mayor de números portados independientemente de que estos sean concesionarios o comercializadoras.

De conformidad con el Cuadro 3 y Cuadro 4 presentados en el apartado 1.1 Antecedentes de la portabilidad numérica, al cuarto trimestre de 2019 había en el país la presencia de 23 PSTs del servicio móvil y 14 PSTs del servicio fijo, respectivamente; dando un total de 37 PSTs que tendrían que montarse en el sistema *blockchain* sumados a la autoridad de certificación. Para crear un canal entre cada par de participantes, se debe obtener el total de combinaciones sin repetición que pueda haber entre ellos (Reytor, 2014, págs. 47-48), es decir, el número de combinaciones que se pueden formar con el total de PSTs por tipo de servicio y la autoridad de certificación, seleccionándolos de 2 en 2 y diferenciándose cada conjunto en al menos un elemento. La separación por tipo de servicio es necesaria derivado de que, como se señaló en el apartado 1.3 Proceso de portabilidad numérica, esta solamente se aplica del servicio fijo al servicio fijo y del servicio móvil al servicio móvil en la misma modalidad de uso (CPP o MPP) (ACUERDOa, Regla 3, inciso a, 2014; ACUERDOc, Regla 3; inciso b, 2018), por lo que a efecto de ejecutar la portabilidad de números para el servicio fijo y móvil, respectivamente, se haría uso de:

$$C(N,p) = \frac{N!}{p! (N - p)!}$$

Dónde para el servicio fijo:

$$N = 14$$

$$p = 2$$

$$C(14,2) = \frac{14!}{2! (14 - 2)!} = 91 \text{ canales}$$

y para el servicio móvil:

$$N = 23$$

$$p = 2$$

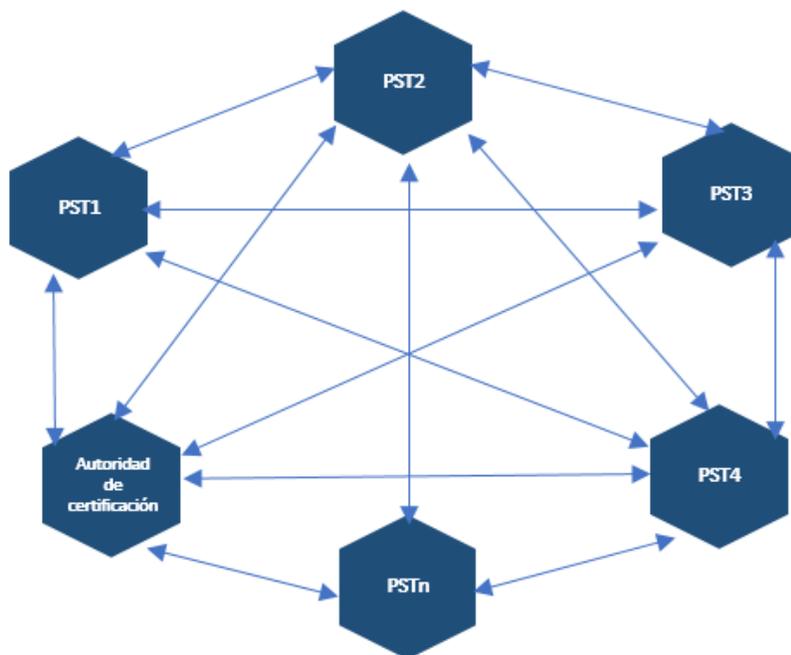
$$C(23,2) = \frac{23!}{2! (23 - 2)!} = 253 \text{ canales}$$

Aunado a lo anterior, se requeriría de un canal común para notificar a todos los PSTs sobre la ejecución exitosa de una solicitud de portabilidad y por tanto, de en qué red se encuentran los números telefónicos; es decir, se haría uso de un total de:

$$91 \text{ canales servicio fijo} + 253 \text{ canales servicio móvil} + 1 \text{ canal común}$$

$$= 345 \text{ canales}$$

En la Figura 6, se muestra de manera general el esquema propuesto para la red de portabilidad numérica utilizando *blockchain* en el país:



**Figura 6.** Esquema general de la red de portabilidad numérica utilizando blockchain en México.

Fuente: Elaboración propia con base en información de Upadhyay, 2019, pág. 14.

En lo que respecta al modelo de consenso, derivado de que la portabilidad numérica se debe llevar a cabo en un entorno en el que se identifique plenamente a cada PST, un modelo en el cual haya un vínculo conocido con la identidad real de cada nodo sería una opción óptima. Es por ello que, de los modelos presentados en el apartado 3.4 Modelos de consenso, el modelo PoA sería el más adecuado puesto que la identidad y reputación de cada nodo estaría en juego para la seguridad de la red; aunado esto a que únicamente es aplicado a *blockchains* con permiso con altos niveles de confianza de conformidad con lo señalado en dicho apartado. Modelos de consenso como PoW o PoS no serían pertinentes considerando que, para el caso particular de la portabilidad numérica, solo añadirá un bloque aquel nodo que tenga que registrar una serie de transacciones relativas a cada movimiento de portabilidad, y no como parte de tener que resolver un acertijo matemático (como en PoW), o con base en la participación que haya invertido un nodo en el sistema (como en PoS). Además, dado que se podrá identificar plenamente qué nodo añadió

qué bloque, estos deberán actuar de manera adecuada en aras de mantener su reputación.

En cuanto al mecanismo de generación y notificación de NIPs de confirmación, se tendría que considerar la implementación de un nuevo sistema a causa de que dentro de las obligaciones actuales del ABD, se encuentran el establecimiento del sistema IVR y la base de datos de NIPs de confirmación (ACUERDOa, Regla 27, fracción VII, 2014). Este sistema deberá considerar los medios actuales a través de los cuales los usuarios lo solicitan, correspondiendo estos a una llamada telefónica o SMS. Los NIPs de confirmación solicitados a través de SMS deberán ser enviados por este mismo medio al número desde el que se originó la solicitud y para aquellos solicitados mediante llamada telefónica, estos deberán ser provistos mediante una llamada de retorno al número que lo solicita.

En la situación señalada anteriormente, también se vería envuelto el sistema de consulta del estado que guardan las solicitudes de portabilidad, dado que actualmente el sistema de información es implementado y administrado por el ABD, y tiene la finalidad de que los usuarios puedan realizar la consulta correspondiente. Dada la importancia de los referidos sistemas, estos podrían ser implementados y administrados por el IFT para garantizar que no fueran objeto de malas prácticas ejecutadas por los PSTs que pudieran ir en su detrimento, sin menoscabo de que el costo generado por las llamadas o SMS de los usuarios y hacia los usuarios para obtener el NIP de confirmación fuera absorbido por dichos PSTs. La relevancia de estos sistemas es tal que, conforme a las reglas de portabilidad numérica, con el NIP de confirmación los usuarios acreditan la voluntad para portar su número telefónico (ACUERDOa, Regla 2, definición XXXII, 2014); y a través del sistema de información, los usuarios pueden consultar el estado del proceso portabilidad para el o los números para los que la hubieran solicitado (ACUERDOa, Regla 2, definición LX, 2014).

Finalmente, los contratos inteligentes (el *chaincode* de Hyperledger Fabric) contendrían las reglas establecidas por el regulador para llevar a cabo cada movimiento de portabilidad y se ejecutarían directamente entre cada par de nodos que funjan como proveedor donador y como proveedor receptor implicados en el

cambio (actuando de esta manera como pares de endoso) y dado que dentro del proceso habría una serie de validaciones que implicarían el tener que acceder a información fuera de la red contenida en otros sistemas como lo son las bases de datos de personas morales (para que se valide que el número o los números contenidos en una solicitud de portabilidad realizada por una persona física no esté(n) contenido(s) en la base de datos del proveedor donador); las bases de datos que contengan los documentos de identificación (para que se valide que el proveedor receptor ingresó los documentos necesarios señalados en las reglas como parte de una solicitud de portabilidad); o el sistema que almacene los NIPs de confirmación (para que se verifique que el proveedor receptor ingresó un NIP válido), se requeriría de oráculos de *software* de entrada que proporcionarían los datos necesarios para dar solución a dichos contratos inteligentes.

#### **4.1.1 Rectificación y cancelación de datos personales**

En las reglas de portabilidad numérica se puntualiza como derecho del usuario la protección de sus datos personales proporcionados para realizar el trámite de portabilidad (ACUERDOa, Regla 13, fracción XV, 2014). Dentro de los requisitos actuales para que los usuarios puedan realizar una solicitud de portabilidad como personas físicas, se requiere que proporcionen datos personales en razón de que deben presentar documentos de identificación como credencial para votar, pasaporte o cédula profesional. Los proveedores receptores están obligados a resguardar dichos documentos de identificación por un periodo de 90 días naturales posteriores a la finalización del proceso de portabilidad, debiendo observar lo dispuesto por la LFPDPPP después del referido plazo (ACUERDOa, Regla 47, fracción II, 2014).

Resulta relevante señalar que en virtud de que la portabilidad numérica da inicio a solicitud expresa del usuario ante el proveedor receptor y puede ser solicitada a través de medios electrónicos conforme a lo descrito en el apartado 1.3 Proceso de portabilidad numérica (ACUERDOb, Regla 35, fracción I, 2015), se podría considerar dentro del sistema que los usuarios que contaran con una

identidad digital<sup>14</sup> (tomando como referencia lo descrito en el apartado 3.9.2 Identidad digital), pudieran hacer uso de esta como prueba de identificación para solicitar la portabilidad numérica al proveedor receptor a través de aplicaciones ad-hoc establecidas por este, de conformidad con lo señalado en las reglas de portabilidad numérica (ACUERDOa, Regla 36, fracción c, 2014).

Por lo anterior, dado que se deben proporcionar datos personales, la propuesta del sistema basado en la utilización de la tecnología *blockchain* es complementada con que cada PST almacene los documentos de identificación fuera de la *blockchain* y los vincule desde el interior de un bloque a través de las transacciones como se señaló en el apartado 3.7 Protección de datos personales y privacidad, de forma que no se realizaría de manera centralizada, ya que la regla 47 de las reglas de portabilidad numérica señala que los proveedores receptores deben resguardar los documentos de identificación (ACUERDOa, Regla 47, fracción II, 2014), por lo que cada PST debería implementar su base de datos externa al igual que como lo hacen con la base de datos de personas morales, para que estén en posibilidad de cumplir con lo establecido en la referida ley y por tanto, con lo establecido en la CPEUM respecto al derecho de rectificación y cancelación de datos personales. Los sistemas que se implementen para almacenar los documentos de identificación fuera de la *blockchain*, deberán cumplir con las mejores prácticas y normas internacionales de seguridad para evitar manipulaciones en los mismos.

Conforme a lo establecido en la LFPDPPP, aunque el número telefónico fijo o móvil es considerado un dato personal cuando a través de este es posible identificar o hacer identificable a una persona física (LFPDPPP, Artículo 3, definición V, 2010), es clasificado dentro del nivel estándar para los sistemas de tratamiento de datos personales dado su bajo riesgo inherente, requiriendo de esta manera

---

<sup>14</sup> Dado que *blockchain* podría garantizar el pleno control de los datos personales a los individuos como se describió en el apartado 3.7 Protección de datos personales y privacidad, ante una evaluación por parte del gobierno mexicano de establecer un marco nacional de identidad digital, se podría considerar la utilización de un tipo de DLT como *blockchain*.

únicamente medidas de seguridad básicas<sup>15</sup> (INAI, 2019, pág. 329). Para el caso de una solicitud de portabilidad numérica, teniendo en cuenta que los documentos de identificación que permitirían realizar dicha asociación de una persona física con uno o algunos números telefónicos fijos o móviles serían almacenados fuera de la *blockchain*, esto le permitiría a los particulares encargados de su tratamiento (los proveedores receptores) dar cumplimiento a lo previsto en la LFPDPPP en torno a la rectificación o cancelación de estos; pudiendo de esta manera disociar alguno o todos los números telefónicos que hayan pertenecido a una persona física que hubiera solicitado la portabilidad de los mismos, y quedando almacenado en la *blockchain* exclusivamente el historial con el registro de a qué compañías dicho número o números han sido portados, es decir, solamente los movimientos de portabilidad. Es decir, para el caso particular de la portabilidad numérica el punto medular y del que se requiere exista el registro inmutable, es del movimiento de los números telefónicos entre compañías, no así de los documentos de identificación que solamente sirven para identificar al usuario que pretende portar el número que posee en ese momento, pudiendo este no pertenecer siempre al mismo usuario. Si los documentos de identificación se almacenaran dentro de la *blockchain*, no podría disociarse de a quien o quienes le ha pertenecido el número fijo o móvil de telefonía en algún momento y por lo tanto, los PSTs no estarían en posibilidad de dar cumplimiento a lo establecido en la normativa de protección de datos personales.

## 4.2 Diseño de estrategias

En lo que concierne a soluciones comerciales que consideren el uso de la tecnología *blockchain* en la portabilidad numérica, se puede hacer mención de la creada por la empresa Exprivia | Italtel en el año 2019, una de las primeras soluciones de portabilidad numérica del mundo basada en esta tecnología, una versión actualizada de su producto i-RPS, un motor de enrutamiento y políticas

---

<sup>15</sup> Esto significa que, "...en caso de que exista un incidente de seguridad y se vea comprometida su confidencialidad, integridad o disponibilidad, el impacto para el titular, responsable y encargado es menor, por lo que el daño ocasionado podrá resarcirse en forma inmediata" (INAI, 2019, pág. 329)

centralizadas que permite a los usuarios cambiar de proveedor del servicio móvil sin perder su número de telefónico. Esta empresa argumenta que el actual proceso semi manual específico de cada país para cambiar de proveedor manteniendo el mismo número es lento y engorroso. Según mencionan, el producto i-RPS que lanzaron simplifica las operaciones, evita errores, retrasos y reduce los costos; habiendo logrado la configuración de hasta 1000 millones de entradas de portabilidad, la generación de hasta 500 millones de CDR/TDR cada día y la gestión del tráfico de varios miles de sesiones por segundo. Esta solución también puede ofrecer un servicio de extremo a extremo que incluye el uso de la identidad digital (ITALTEL, 2019).

Por otro lado, resulta relevante mencionar la solución ofrecida por IBM denominada IBM Blockchain Platform para el despliegue de redes *blockchain* desde el desarrollo hasta la producción, la cual permite la configuración de nodos, canales y contratos inteligentes (International Business Machines [IBM], 2020; el nombre puede ser traducido como “Máquinas de negocios Internacionales”). Esta solución incluye principalmente un despliegue sencillo y rápido de redes; fácil programación de contratos inteligentes; transición rápida de la fase de desarrollo a la fase de prueba y producción en un solo entorno; elección de la versión de Hyperledger Fabric a utilizar; almacenamiento y gestión de las claves que se utilizan para administrar los nodos; despliegue y gestión de todas las organizaciones y nodos en una sola consola; flexibilidad para decidir la cantidad de unidad central de procesamiento (por sus siglas en inglés, CPU), memoria y almacenamiento; así como conexión a otras redes de Fabric (IBM, 2021).

Como complemento a lo anterior, con la finalidad de que el uso de esta tecnología esté alineado con las normativas y reglamentos en materia de protección de datos personales, algunas empresas están planteando diversas alternativas al respecto. Ejemplo de esto es la empresa Grant Thornton, la cual ha desarrollado soluciones *blockchain* para el GDPR de la Unión Europea; intentando convertir los datos personales en no personales aplicando técnicas para anonimizar que impidan el poder identificar al titular de los datos. Sus soluciones se dividen en dos grupos: el primero de ellos correspondiente a la función *hash*, cuyo funcionamiento

“...consiste en la generación de *hashes* o identificadores únicos para los datos personales. Dicho *hash* quedaría almacenado en la red *blockchain* mientras que los datos personales, por su parte, se mantendrían en una base de datos externa, gestionada por el responsable...” (Grant Thornton, 2018, pág. 5) de su tratamiento; y el segundo, relativo a canales privados con datos cifrados, los cuales “...son vías de transmisión de información creadas por dos o más nodos que quieren compartir información en privado dentro la red *blockchain*...” (Grant Thornton, 2018, pág. 6). Esta información se cifra y cada vez que los nodos tengan que eliminar o actualizar la información del canal privado conforme a los principios del GDPR, solo tendrían que suprimir la clave de descifrado de los datos personales en cuestión y nadie podría visualizarla al haberse eliminado la clave (Grant Thornton, 2018, pág. 6).

El cumplimiento al GDPR [similar al cumplimiento que se debe dar en México establecido en la CPEUM] se realiza de la siguiente manera:

- Solución 1: “...Cuando deban eliminarse los datos personales...el responsable del tratamiento eliminará los datos de la base de datos externa, mientras que el *hash* correspondiente permanecerá en [la] *blockchain*. [Al realizar dicha acción, el *hash*] se convierte en un número aleatorio sin correspondencia...” (Grant Thornton, 2018, pág. 5). En este tenor, “...cuando deban modificarse los datos...el responsable del tratamiento los modificará en la base de datos externa...” (Grant Thornton, 2018, pág. 5), por lo que el registro actualizado sustituirá al registro anterior de la base de datos externa y se generaría un nuevo *hash* que se almacenará en la *blockchain* (Grant Thornton, 2018, pág. 5). El *hash* anterior pasaría a ser “...un número aleatorio carente de significado por no tener correspondencia con ningún dato de la base de datos externa” (Grant Thornton, 2018, pág. 5).
- Solución 2: Cuando deban eliminarse datos personales los nodos involucrados eliminarán la clave de descifrado de los datos personales. De esta manera, se lograría que el registro de datos no pudiera ser identificable y fuera inaccesible puesto que la clave sería eliminada (Grant Thornton, 2018, pág. 6); y “...cuando los datos deban modificarse...en lugar de modificar los registros de datos existentes, los nodos...[involucrados]

bloquearán el registro en cuestión (eliminando la clave de descifrado)” (Grant Thornton, 2018, pág. 6).

Aunado a estas soluciones, también se ha creado el concepto de *blockchains* editables mediante funciones *hash* camaleónicas<sup>16</sup> para editar, eliminar o reescribir ciertos datos. Sin embargo, ha sido señalado que tan pronto como una *blockchain* se vuelve editable (ya no es inmutable), el argumento inicial para utilizar esta solución a diferencia de otras formas de bases de datos distribuidas elimina el valor agregado que esto le proporcionaba (Finck, 2019, pág. 34).

Ahora bien, con respecto a los requerimientos necesarios para el entorno mexicano como se señaló en el apartado 1.1 Antecedentes de la portabilidad numérica, en el decreto por el que se expidió la LFTR se estableció que el IFT debía emitir las reglas administrativas necesarias que eliminaran requisitos que pudieran retrasar o impedir la portabilidad numérica y en su caso, se promoviera su realización por medios electrónicos (LFTR, Transitorio Trigésimo Octavo, 2021); sin embargo, este no señala la utilización de una solución técnica en particular, por lo que este aspecto se dejó al análisis del regulador y aunque con la emisión de las reglas en 2014 se mantuvo la solución centralizada adoptada desde 2007 por la COFETEL (RESOLUCIÓNa, 2007), mediante una propuesta de modificación a la regulación se podría cambiar el esquema actualmente adoptado, la cual consistiría en una modificación a las reglas de portabilidad numérica en torno a:

1. El cambio de solución técnica en la cual se estableciera la adopción del esquema distribuido propuesto utilizando la tecnología *blockchain* y se puntualizara que los documentos de identificación deberían ser almacenados fuera de la misma.
2. La adopción de aspectos técnicos específicos para poder participar en la red, los cuales podrían ser señalados en un anexo dentro de las mismas reglas.
3. El proceso de portabilidad numérica, con la finalidad de que los PSTs ejecutaran las validaciones de manera directa entre ellos y por tanto se les

---

<sup>16</sup> Corresponden a una noción extendida de las funciones *hash* (Khalili et al., 2020).

trasladaran, según lo determinara el regulador, las validaciones que actualmente realiza el ABD.

4. La inclusión de la participación de la autoridad de certificación, la cual solamente decidiría y atribuiría el derecho a los nodos de participar en las operaciones de lectura y escritura, y no realizando la validación de todas las transacciones como actualmente lo realiza el ABD.

Lo anterior, con la finalidad de adecuar la normativa aplicable a una solución distribuida y eliminar la actuación del ABD dentro del proceso de portabilidad numérica.

### **4.3 Evaluación**

Con el nuevo modelo planteado en el apartado 4.1 Modelo, el proceso de portabilidad numérica actual se modificaría, en términos generales, de la siguiente manera:

1. Iniciaría a solicitud del usuario ante el proveedor receptor en días hábiles (de lunes a sábado), pero a causa de que se prescindiría de las validaciones del ABD y la interacción sería directamente entre proveedor receptor y proveedor donador, estas solicitudes se podrían presentar en un horario extendido, el cual contemplara al menos dos horas adicionales a las establecidas actualmente, esto es, de 11:00 a 19:00 horas (considerando como adicional el tiempo que le conllevaba al ABD realizar la validación más prolongada y suponiendo que, al haber una interacción directa entre los PSTs involucrados en el cambio, esta validación se realizaría de manera automatizada y en mucho menor tiempo al prescindir de intermediarios).
2. Los proveedores receptores podrían ingresar las solicitudes de portabilidad hasta las 19:00 horas y solicitarían la ejecución de las validaciones a partir de dicho horario.

3. Un par ordenante, contenido en la autoridad de certificación, ordenaría la ejecución de las transacciones de conformidad con lo señalado en el apartado 3.6.3 Hyperledger Fabric.
4. El proveedor donador recibiría la información de cada transacción y mediante la ejecución del contrato inteligente entre este y el proveedor receptor implicado en el cambio (pares de endoso de conformidad con lo señalado en el apartado 3.6.3 Hyperledger Fabric), se validarían las transacciones. Este punto y el anterior se tendrían que llevar a cabo antes de las 2:00 horas.
5. A partir de las 2:00 horas (los movimientos de portabilidad continuarían siendo realizados en ventana de mantenimiento para no afectar el servicio a los usuarios), el proveedor receptor colocaría el conjunto de transacciones validadas en un bloque y lo enviaría al proveedor donador para que mediante el modelo de consenso PoA, se apruebe o rechace su adición a la cadena.
6. En caso de ser aprobado, el bloque se encadenaría y los cambios se notificarían a través del canal común para que cada PST actualizara su libro mayor de números portados.

En el Cuadro 11, se presenta una comparación general de los horarios y tiempos de respuesta para la portabilidad numérica que implicaría el uso de un sistema *blockchain* y los actualmente llevados a cabo en el sistema centralizado:

Aspecto	Sistema <i>blockchain</i>	Sistema centralizado
<b>Horario de solicitud de portabilidad numérica por los usuarios</b>	Podría llevarse a cabo de 11:00 a 19:00 horas de lunes a sábado.	De 11:00 a 17:00 horas de lunes a sábado.
<b>Horario de ingreso de solicitudes de portabilidad numérica por parte de los proveedores receptores</b>	Podría llevarse a cabo de 11:00 a 19:00 horas de lunes a sábado.	De 11:00 a 17:00 horas de lunes a sábado.
<b>Tiempo de las validaciones para determinar si un número es candidato para portarse</b>	En cuestión de segundos o algunos minutos mientras se ejecuta y resuelve el contrato inteligente.	4 horas con 20 minutos considerando que una solicitud de portabilidad pasó por todas validaciones posibles.

<b>Horario de ejecución de la portabilidad</b>	A las 2:00 horas.	A las 2:00 horas.
<b>Tiempo de ejecución de la portabilidad</b>	En cuestión de segundos dada la capacidad de transacciones por segundo que puede ejecutar.	No más de 2 horas.

**Cuadro 11.** *Comparación de horarios y tiempos de respuesta entre un sistema blockchain y el sistema centralizado actual.*

Fuente: Elaboración propia con información de las reglas de portabilidad de 2014 y sus modificaciones de 2015 y 2018.

Con respecto al número de transacciones a contemplar por día para el servicio móvil de telefonía, se considerará el promedio de los tres años que hayan presentado los valores más altos de números portados conforme a los datos presentados en el Gráfico 1, en razón de que la demanda de este servicio va al alza y si bien, esta tendencia podría aumentar, también es cierto que podría fluctuar en los años sucesivos en el rango de valores que se han alcanzado en estos años, a saber, se considerarán como referencia los años 2017, 2018 y 2019; resultando el promedio de los mismos en 19,953,299 transacciones por año. Ahora, suponiendo una distribución uniforme del número de solicitudes de portabilidad por mes, a partir del promedio encontrado se obtiene que se requeriría de la ejecución de aproximadamente 1,662,775 transacciones por mes. Finalmente, obteniendo el número de portaciones que se realizarían por día y considerando un promedio de 30 días por mes, se tendría un total de 55,426 transacciones a llevar a cabo.

Haciendo el mismo ejercicio pero ahora para el caso del servicio fijo de telefonía, respecto al número de transacciones a contemplar por día se considerará el promedio de todos los años indicados en el Gráfico 2, en vista de que la portación de números ha mantenido una tendencia un poco más estable (a excepción del año 2016) y se prevé continúe así. El resultado del promedio corresponde a 420,091 transacciones por año. Suponiendo una distribución uniforme del número de solicitudes de portabilidad por mes, a partir del promedio encontrado se obtiene que se requeriría de la ejecución de aproximadamente 35,008 transacciones por mes.

Finalmente, obteniendo el promedio por día y considerando un promedio de 30 días por mes, se tendría un total de 1,167 transacciones a llevar a cabo.

El número de transacciones obtenido anteriormente para ambos servicios daría una demanda total por día de aproximadamente 56,593 transacciones, las cuales se podrían ejecutar en cuestión de segundos por la plataforma propuesta derivado de que, como se indicó en el apartado 3.6.3 Hyperledger Fabric, esta podría llegar a soportar alrededor de 20,000 transacciones por segundo. Sin embargo, aun cuando la demanda del número de transacciones creciera, la referida plataforma podría cubrirlo dada la capacidad de transacciones por segundo con la que cuenta.

En lo que concierne al tema de los costos, Buehler et al. (2006) se refieren a que en términos generales, es posible distinguir entre costos directos e indirectos derivados de la introducción de la portabilidad numérica móvil. Para el presente trabajo, se considerará como aplicable lo referente a los costos directos a causa de que se plantea la implementación de un nuevo sistema para poder llevar a cabo la portabilidad numérica (pág. 389). No se ahondará en los costos indirectos en vista de que los autores hacen referencia a ellos, como que son derivados de la posible pérdida de transparencia de las tarifas, lo cual no es tema de estudio del presente trabajo.

Los costos directos dependen en gran medida de la solución técnica utilizada para implementar la portabilidad numérica. Dichos costos incluyen los costos del establecimiento de un sistema particular, los cuales radican en los costos no recurrentes del desarrollo e implementación del mismo, así como también los costos de cambio que surgen al pasar de un sistema existente a uno nuevo. Estos costos son fijos, es decir, no dependen del número de portaciones reales (Buehler et al., 2006, pág. 389). Por ejemplo, para un sistema tradicional de enrutamiento para la portabilidad numérica del servicio de telefonía móvil como los presentados en la Introducción, para un operador como BT la configuración inicial del sistema se estimó en 8,01 millones de libras esterlinas, la cual incluye entre otros, los costos de desarrollo del sistema, gestión de redes, pruebas de línea (para redes fijas), información de facturación, mantenimiento y soporte. Asimismo, la empresa In-

Stat/MDR previó que la implementación de la portabilidad numérica móvil de telefonía le costaría a la industria móvil de los Estados Unidos hasta 1,000 millones de dólares en costos de instalación (Lin et al., 2003, pág. 15). Para el caso de México, los costos de establecimiento de los procesos y sistemas identificados en el año 2006 para la implantación de la portabilidad numérica consistieron en \$4 millones de dólares para el ABD; \$5 millones de dólares para los concesionarios móviles y \$10 millones de dólares para los concesionarios fijos, resultando en un total de \$19 millones de dólares (IFT, 2014).

El costo de un proyecto *blockchain* puede variar sustancialmente en razón de las características que se desean implementar. Cuando se construye un proyecto en una *blockchain* privada, es necesario cimentar por separado la infraestructura, la red, el almacenamiento, los contratos inteligentes y demás elementos necesarios, lo cual hace que el proyecto sea más costoso en comparación con la construcción de un proyecto en una *blockchain* pública (LeewayHertz, s.f.; SAGipl, s.f.). Conforme a la empresa LeewayHertz, el porcentaje del costo de la implementación de una *blockchain* por fase específica del proyecto se considera de la siguiente manera (LeewayHertz, s.f.):

- Consultoría: 10%.
- Diseño: 15 %.
- Desarrollo: 50 %.
- Garantía de calidad: 25 %.
- Despliegue y costo de terceros, *blockchain* privada: aproximadamente \$1,500 [dólares] por mes.
- Mantenimiento: entre el 15 % y el 25 % del costo total del proyecto.

De lo anterior, se puede observar que el costo de construir un proyecto *blockchain* dependerá en gran medida del costo de su desarrollo. Los desarrolladores establecen los montos a cobrar con base en su ubicación, la complejidad de la industria o sector en el que será utilizado, así como con base en sus conocimientos y experiencia (SAGipl, s.f.).

En términos generales, los sueldos de los desarrolladores podrían llegar hasta un total de 175 mil dólares por año (SAGipl, s.f.). Considerando los porcentajes anteriores, un equipo de 5 desarrolladores y un periodo de un año (12 meses) para su implementación, se tendría la aproximación de costos indicada en el Cuadro 12:

Concepto	Cálculo y costo en dólares
<b>Consultoría (10%)</b>	\$176,800
<b>Diseño (15%)</b>	\$265,200
<b>Desarrollo (50%)</b>	\$175,000 x 5 desarrolladores = \$884,000
<b>Garantía de calidad (25%)</b>	\$442,000
<b>Despliegue y costo de terceros</b>	\$1,500 x 12 meses = \$18,000
<b>Total</b>	\$1,768,000

**Cuadro 12.** *Costos directos aproximados de un proyecto blockchain.*  
Fuente: Elaboración propia con información de LeewayHertz y SAGipl.

Además de los costos fijos, hay costos variables asociados al proceso de portabilidad. Se trata principalmente de los gastos de realización de la portabilidad, la comunicación entre la red del donante y el receptor, entre otros (Buehler et al., 2006, pág. 389). Actualmente, el ABD cobra a los PSTs por los servicios de “Tramitación de una solicitud de portabilidad”; “Verificación de rechazo por parte del Proveedor Donador”; “Alta de números No Geográficos Específicos”; “Proceso de Retorno de números”; “Proceso de Reversión de Portabilidad”; así como por “Servicios relacionados con la descarga de información de la Base de Datos Administrativa y Archivos de Portabilidad” (ACUERDOa, Regla 30, incisos a – f, 2014). Para el caso del sistema propuesto, al ser distribuido y prescindir del ABD, los PSTs no tendrían que invertir mes con mes en realizar el pago correspondiente por los servicios enlistados anteriormente prestados por este, implicando al largo plazo un ahorro significativo en estos costos recurrentes. La entidad que atribuiría el derecho a los PSTs de participar en las operaciones de escritura o lectura, pero sin fungir como validador de las transacciones, se propone que sea el IFT conforme a lo señalado en el apartado 4.1 Modelo. Realizando un cálculo aproximado del

monto que representaría este ahorro, suponiendo un costo promedio de \$1 dólar por cada una de las solicitudes realizadas por los servicios indicados anteriormente, se tendría el costo aproximado mostrado en el Cuadro 13, haciendo las siguientes consideraciones:

- Días en un mes: 30 en promedio.
- Número de transacciones (tramitaciones de solicitudes de portabilidad): 60,000 al día, valor aproximado con base en el cálculo realizado anteriormente.
- Verificación de rechazo por parte del proveedor donador: 1% del total de transacciones diarias.
- Alta de números no geográficos específicos: 5 solicitudes al día estimadas.
- Proceso de retorno de números: 5 solicitudes al día estimadas.
- Proceso de reversión de portabilidad: Se considerará el promedio de reversiones incluidas dentro de los reportes estadísticos “Soy Usuario” del IFT desde el cuarto trimestre de 2018 (IFT, 2018b) al tercer trimestre de 2020 (IFT, 2020d) ingresadas como “portabilidad no consentida”, equivalentes a 359 por trimestre, 120 al mes y 4 al día.
- Servicios relacionados con la descarga de información de la BDA y archivos de portabilidad: 1 solicitud por PST, 37 PSTs considerados.

Concepto	Cálculo y costo en dólares
<b>Tramitación de una solicitud de portabilidad</b>	\$1 dólar x 60,000 transacciones diarias x 30 días = \$1,800,000
<b>Verificación de rechazo por parte del proveedor donador (1% del total de transacciones diarias)</b>	\$1 dólar x 600 transacciones diarias x 30 días = \$18,000
<b>Alta de números no geográficos específicos (5 solicitudes al día)</b>	\$1 dólar x 5 solicitudes diarias x 30 días = \$150
<b>Proceso de retorno de números (5 solicitudes al día)</b>	\$1 dólar x 5 solicitudes diarias x 30 días = \$150

<b>Proceso de reversión de portabilidad (4 solicitudes al día)</b>	\$1 dólar x 4 solicitudes diarias x 30 días = \$120
<b>Servicios relacionados con la descarga de información de la BDA y archivos de portabilidad (1 solicitud por PST al día)</b>	\$1 dólar x 37 solicitudes diarias x 30 días = \$2,220
<b>Total al mes</b>	\$1,820,640
<b>Total al año</b>	\$1,820,640 por mes x 12 meses = 21,847,680

**Cuadro 13.** Costos variables aproximados de los servicios prestados por el ABD. Fuente: Elaboración propia con información de las solicitudes de reversión de los informes “Soy Usuario” del IFT, del cuarto trimestre de 2018 al tercer trimestre de 2020.

Por su parte, con base en información de empresas como Microsoft Azure la cual ofrece el nivel estándar de su servicio denominado como Azure Blockchain dirigido a soluciones *blockchain* de producción, proporcionando alta disponibilidad y rendimiento para soluciones *blockchain* escalables en la nube (Azure Blockchain Service, s.f.-a); los costos estimados con base en el número de nodos para un proyecto de portabilidad numérica como el presentado en el apartado 4.1 Modelo, almacenamiento y transacciones por día (Azure Blockchain Service, s.f.-b) podrían ser calculados como se indica en el Cuadro 14, haciendo las siguientes consideraciones:

- Días en un mes: 30 en promedio.
- Número de transacciones (tramitaciones de solicitudes de portabilidad): 60,000 al día, valor aproximado con base en el cálculo realizado anteriormente.
- Número de participantes en la red *blockchain*: 37, equivalente al número de PSTs.
- Tiempo: Dado que el periodo de validación de las solicitudes de portabilidad iniciaría a las 19:00 horas y la portabilidad efectiva se ejecutaría hasta las 2:00 horas, y en vista de que ambas actividades se podrían llevar a cabo en

cuestión de minutos o inclusive segundos, se consideraría una ocupación máxima en tiempo del proceso de 2 horas por día.

- Almacenamiento: En razón de que solamente se requerirá almacenar el listado de números portados, se consideraría el uso de máximo de 10 Giga Bytes (en lo sucesivo, GB) por nodo al mes.

Concepto	Cálculo y costo en dólares
<b>Nodos y tiempo</b>	37 participantes x 2 horas por día x \$0.3180 por hora x 30 días = \$705.96
<b>Almacenamiento</b>	10 GB al mes x 37 participantes x \$0.05 por GB = \$18.5
<b>Transacciones</b>	60,000 transacciones por día x \$0.0001 por transacción x 30 días = \$180
<b>Total al mes</b>	\$904.46
<b>Total al año</b>	\$904.46 mes x 12 meses = \$10,853.52

**Cuadro 14.** *Costos variables aproximados de un proyecto blockchain.*  
Fuente: Elaboración propia con información de Azure Blockchain Service.

En el Cuadro 15, se comparan los costos directos y los costos variables identificados para el sistema centralizado utilizado actualmente y el sistema distribuido propuesto:

Concepto	Sistema centralizado	Sistema distribuido
<b>Costos directos (fijos) en dólares</b>	\$19,000,000	\$1,768,000
<b>Costos variables (recurrentes) mensuales en dólares</b>	\$1,820,640	\$904.46
<b>Costos variables (recurrentes) anuales en dólares</b>	\$21,847,680	\$10,853.52

**Cuadro 15.** *Comparación de costos aproximados entre el sistema centralizado actual y el sistema distribuido propuesto.*

Fuente: Elaboración propia.

Finalmente, a continuación se presenta un análisis enunciativo más no limitativo de las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas (en lo sucesivo, FODA) que implican la nueva solución propuesta y en el cual se recapitulan algunos de los aspectos presentados en el apartado 3.8 Ventajas y desventajas, pero trasladados al ámbito de la portabilidad numérica.

#### **4.3.1 Fortalezas**

Son aspectos o características que le dan [al sistema] ventajas sobre los demás (Quincy et al., 2012). Las principales fortalezas de un sistema de portabilidad numérica utilizando la tecnología *blockchain* consisten en:

1. Se haría más eficiente el proceso de portabilidad numérica y se evitarían errores al eliminar la participación de una entidad centralizada involucrada en las validaciones.
2. Sería más robusto al contar con una estructura distribuida, a diferencia de su contraparte centralizada en la cual una sola entidad (el ABD actualmente) concentra toda la información y representa un punto único de falla.
3. Su estructura de bloques en cadena vinculados cada uno de ellos con el anterior, aseguraría que la información no estuviera sujeta a manipulaciones.
4. Los modelos de consenso permitirían a los PSTs confirmar la validez de las transacciones, por lo que estas serían plenamente confiables a diferencia del esquema centralizado actual en el cual el ABD confirma la validez de estas y emite la decisión definitiva respecto a la procedencia o improcedencia de las solicitudes de portabilidad de números.
5. La información estaría rápidamente disponible mediante la replicación automática de las actualizaciones de información en todos los PSTs (ITU, 2019b, pág. 12), sin tener la obligación de consultar al ABD para obtener información para el enrutamiento de la comunicación.
6. A través del uso de contratos inteligentes se podrían plasmar en líneas de código las condiciones bajo las cuales un número telefónico sería candidato para ser portado, automatizando con ello el proceso y reduciendo al mínimo errores de ejecución que podrían resultar de la participación del ABD.

7. Los PSTs no tendrían la necesidad de tener que pasar por un elaborado proceso de elección y contratación del ABD y por ende, de tener que pagar de manera recurrente por los servicios que este les prestara durante la duración del respectivo contrato.
8. Derivado de que se tendría un registro inmutable de las transacciones ocurridas de manera cronológica y de que se haría uso de una *blockchain* con permiso privada, podría ser posible identificar plenamente al originador y al receptor en una transacción. Esto permitiría contar con un registro de las veces que un número ha sido portado, así como, en su caso, el número de veces que su solicitud de portabilidad ha sido rechazada y el motivo de ello. Lo anterior, podría coadyuvar con la problemática actual relativa a las portaciones de números ejecutadas sin consentimiento del usuario.
9. Mediante el uso de una *blockchain* con permiso privada se permitiría revelar selectivamente información de transacciones basada en la identidad o las credenciales de los nodos, con lo cual se podría obtener cierto grado de privacidad (Yaga et al., 2018, pág. 6).

En este sentido, la plataforma propuesta Hyperledger Fabric permitiría la generación de canales (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 35) entre cada par de PSTs para que cada transacción de portabilidad se llevara a cabo solamente entre aquellos involucrados en el cambio. Una vez concluida, a través de un canal común se notificaría a todos los nodos en qué red se encuentran los números telefónicos. Asimismo, Fabric cuenta con un alto rendimiento de transacción y baja latencia (Van Hijfte, 2020, pág. 197) y al hacer uso del modelo de consenso PoA, los PSTs estarían plenamente identificados, por lo que tendrían desincentivos para comportarse de una manera inadecuada y el consenso solo tendría que alcanzarse a nivel de transacción y no a nivel de libro mayor; además de que se contaría con independencia sistémica de una criptomoneda nativa porque es para mecanismos descentralizados pero cerrados de transacciones entre empresas, evitando con ello un posible intervencionismo para los esquemas de criptoactivos por parte de instancias

financieras como el Banco de México (en lo sucesivo, BANXICO) y la Comisión Nacional Bancaria y de Valores (en lo sucesivo CNBV).

10. Aunque de conformidad con las reglas de portabilidad numérica actualmente “La información contenida en las bases de datos a cargo del ABD será en todo momento propiedad del Instituto, y éste podrá solicitarla cuando lo considere conveniente” (ACUERDOa, Regla 33, 2014); al montarse el IFT en la red *blockchain* podría tener visibilidad total de manera inmediata y asequible del historial de transacciones efectuadas, es decir, de todos los movimientos de portabilidad llevados a cabo y de los rechazados.
11. Daría cumplimiento a lo establecido respecto a la continuidad del servicio y los tiempos máximos de afectación al mismo establecidos actualmente.

#### **4.3.2 Oportunidades**

Son perspectivas internas y externas que pueden mejorar el desempeño [del sistema] (Quincy et al., 2012):

1. La definición de los aspectos específicos para poder participar en la red representará un desafío para el adecuado funcionamiento del sistema.
2. La solución a implementar para la portabilidad numérica utilizando *blockchain* no se limita a la plataforma Hyperledger Fabric y al modelo de consenso PoA, por lo que se podría plantear una plataforma y un modelo distintos mediante el análisis de otras posibilidades que se ajustaran a las necesidades del sistema.
3. La elaboración del plan de migración de un sistema a otro deberá considerar que el cambio debe ser transparente para los usuarios y deberá garantizar su derecho a la portabilidad numérica dentro del plazo máximo establecido para ello (24 horas).
4. El IFT deberá establecer las nuevas obligaciones y roles que tendrán los actores que participen en el proceso de portabilidad, como parte de la reformulación que tenga que hacer a este.

### 4.3.3 Debilidades

Son aspectos o características que colocan [al sistema] en desventaja con respecto a otros (Quincy et al., 2012):

1. Aunque los PSTs no tendrían que pagar de manera recurrente por los servicios prestados por el ABD, posibles altos costos de capital inicial podrían representar un obstáculo considerable para cambiar de un modelo centralizado a un sistema basado en *blockchain*, aunado a las adecuaciones necesarias que se requerirían en los sistemas existentes (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 32) para poder llevarlo a cabo. Dichos costos, sin embargo, de conformidad con los cálculos realizados, se prevé serán menores que aquellos identificados en un inicio para la implantación de la portabilidad numérica en el país mediante un sistema centralizado.
2. Su característica de inmutabilidad haría inalcanzable la garantía del derecho a la rectificación y cancelación de datos personales que, en su caso, hayan sido almacenados en la *blockchain*; por lo que con la finalidad de que los PSTs pudieran estar en condiciones de cumplir con lo establecido en la LFPDPPP, se requeriría que los documentos de identificación estuvieran guardados fuera de esta.
3. Derivado de que los contratos inteligentes heredarían la propiedad de inmutabilidad de la *blockchain*, no sería posible modificarlos una vez desplegados en la misma (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 16), por lo que si se requirieran nuevas modificaciones al proceso de portación de números, nuevos contratos deberían ser publicados.
4. Las soluciones basadas en *blockchains* con permiso como la plasmada en la propuesta, plantearían la cuestión de si esta es más adecuada que una base de datos centralizada dadas las similitudes que comparten (Wüst & Gervais, 2018, pág. 45), a consecuencia de que también se plantea la presencia de una autoridad de certificación, pero con la diferencia que esta no participaría en la validación de las transacciones, sino que solamente decidiría y atribuiría el derecho a los nodos de participar en las operaciones de lectura y escritura.

5. Falta de estándares y normas enfocados para su utilización en la portabilidad numérica por parte de diversos organismos internacionales del sector de telecomunicaciones, los cuales apenas se encuentran evaluando los potenciales beneficios que trae consigo esta tecnología y si su utilización es viable en este sector. Ejemplo de ello es el “*Focus Group on Application of Distributed Ledger Technology*” de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (por sus siglas en inglés, ITU), cuyo nombre puede ser traducido como “*Grupo Focal sobre la Aplicación de la Tecnología de Libro Mayor Distribuido*” (ITU, s.f.) y el “*Industry Specification Group (ISG) Permissioned Distributed Ledger (PDL)*” del Instituto Europeo de Normas de Telecomunicaciones (por sus siglas en inglés, ETSI), cuyo nombre puede ser traducido como “*Grupo de Especificaciones de la Industria (GEI) de Libro Mayor Distribuido con Permiso (LMDP)*” (ETSI, s.f.).

#### **4.3.4 Amenazas**

Son factores internos y externos que podrían causar problemas para [el funcionamiento del sistema] (Quincy et al., 2012):

1. Si bien existen soluciones como *blockchains* con permiso privadas, así como técnicas criptográficas robustas, la computación cuántica está avanzando rápidamente y existe una creciente preocupación de que esta se torne lo suficientemente poderosa como para vulnerar a dichos sistemas (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 32; Lyons & Courcelas, 2020a, pág. 8).
2. Sería pertinente un análisis a profundidad en materia de competencia del impacto del cambio propuesto en las comercializadoras, a causa de que estas suelen ser empresas más pequeñas que los concesionarios, por lo que cuentan con menos recursos tanto financieros como humanos para hacer frente a las modificaciones que serían requeridas. Lo anterior, en consonancia con lo que se ha señalado respecto a los altos costos de capital inicial, los cuales podrían representar un obstáculo considerable para cambiar a un sistema basado en *blockchain*, aunado a las adecuaciones

necesarias en los sistemas existentes (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 32); sin menoscabo de que como ya fue indicado, se prevé que sean menores a aquellos identificados en un inicio para la implantación de la portabilidad numérica en el país mediante un sistema centralizado.

3. El uso de contratos inteligentes podría plantear los siguientes retos:
  - i) Se podrían convertir en blancos de ataques si el programa no se escribe de manera cuidadosa, no es verificado y no dispone de mecanismos que permitan corregir las vulnerabilidades (Wüst & Gervais, 2018, pág. 52).
  - ii) Podrían plantear cuestiones legales en relación con la jurisdicción y leyes aplicables (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 29). Además de que traerían consigo un nuevo cuerpo de leyes denominadas *Lex Cryptographia* (Wright & De Filippi, 2015, pág. 1).
4. El uso de oráculos para dar solución a los contratos inteligentes implicaría que estos siempre tendrían que actuar de manera lícita y objetiva, con el objeto de que este sistema en efecto mitigue los posibles errores que actualmente se pudieran presentar como resultado de la participación del ABD.
5. La pérdida de una clave privada daría lugar a la pérdida permanente del acceso y control de la información (Ajn & van de Ruit, 2018, pág. 32).
6. El hecho de que el IFT pudiera participar en la red y tuviera que implementar el sistema de generación y notificación de NIPs de confirmación, así como el sistema de información, representaría un gasto adicional que tuviera que considerar dentro su presupuesto a razón de que implicaría recursos públicos recurrentes para su operación y mantenimiento.

#### **4.4 Conclusiones del capítulo**

Conforme al análisis realizado en el presente capítulo, sí sería viable y tendría sentido la utilización de la tecnología *blockchain* para la implementación de la portabilidad numérica en el país, en virtud de que se cumplen una serie de aspectos

que harían factible su implementación. Dentro de estos aspectos se encuentran el que se requeriría contar con un conjunto limitado de participantes (los PSTs), motivo por el cual la solución más adecuada sería una *blockchain* con permiso privada dado que, a pesar de ser competidores los PSTs, están obligados a participar en un proceso colaborativo como la portabilidad numérica y pueden prescindir de un tercero que valide las transacciones. Los PSTs que participarían en la red, requerirían almacenar las listas de transacciones que reflejarían los movimientos de portabilidad de los números telefónicos fijos y móviles, y el derecho para formar parte de la red sería atribuido mediante una autoridad de certificación, pudiendo corresponder esta al IFT a fin de evitar la participación de terceros para realizar tan importante tarea.

Dicha implementación se considera viable mediante el uso de la plataforma Hyperledger Fabric junto con el modelo de consenso PoA (también denominado Pol), dadas las características que presenta en torno a la creación de canales separados entre cada par de PSTs para llevar a cabo las transacciones y de que mediante este modelo de consenso, la identidad y reputación de los nodos se pone en juego cuando estos se comportan de una manera indebida. Aunado a lo anterior, con la finalidad de que los PSTs den cumplimiento a lo establecido en la LFPDPPP, se requiere que los documentos de identificación sean almacenados fuera de la *blockchain* para que estén en condiciones de disociar los datos personales ligados a un número o números ingresados como parte de una solicitud de portabilidad numérica, esto en virtud de que la solución propuesta deja dentro de la *blockchain* la parte inmutable, transaccional que se requiere de forma descentralizada (los cambios de compañía que ha tenido un número telefónico) y el resto (los documentos de identificación), que por razón de protección de datos personales es más conveniente, va a requerir de un repositorio fuera de la *blockchain* que cumpla con las mejores prácticas y normas internacionales de seguridad.

Esta implementación estaría respaldada por las fortalezas con las que contaría un sistema *blockchain*, comparado con el sistema actual centralizado dado que:

1. Sería más robusto derivado de su estructura distribuida, de manera que cada PST manejaría su propio libro mayor de números portados.
2. El vínculo existente entre cada bloque que forma parte de la cadena evitaría que fuera propenso a manipulaciones.
3. Se tendría una rápida disponibilidad de la información relativa al enrutamiento de la comunicación, es decir, la información de en qué red se encuentra un número telefónico estaría rápidamente disponible mediante la replicación automática de las actualizaciones en todos los PSTs.
4. Se utilizaría el consenso para confirmar la validez de las transacciones.
5. Se haría uso de contratos inteligentes para señalar las condiciones bajo las cuales un número telefónico sería candidato para ser transferido a otra compañía telefónica.
6. Se eliminaría la necesidad de elegir y contratar a un ABD y con ello, se reducirían los costos que los PSTs destinan de manera recurrente.
7. Se contaría con un registro inmutable de las transacciones (movimientos de portabilidad) ocurridas de manera cronológica, pudiendo identificar puntualmente al originador y receptor de cada transacción.
8. El regulador en la materia podría montarse en la red y obtener de manera inmediata la información de la portabilidad en el país, coadyuvando esto al cumplimiento de sus atribuciones para generar reportes, análisis y/o estadísticas.
9. Permitiría a los usuarios realizar una solicitud de portabilidad numérica en un horario más amplio, es decir, aproximadamente hasta las 19:00 horas (siendo el plazo máximo actual hasta las 17:00 horas), por lo que los proveedores receptores podrían ingresar las solicitudes de portabilidad a partir de este nuevo horario y la correspondiente validación para saber si el o los números son candidatos a ser portados, sería realizada en cuestión de segundos o minutos dependiendo del tiempo de ejecución y solución del contrato inteligente, optimizando con ello el tiempo para la validación de las solicitudes de portabilidad.
10. La plataforma Hyperledger Fabric permitiría:

- a) Contar con una *blockchain* con permiso privada con el objeto de autorizar solamente a un conjunto limitado de lectores y escritores.
- b) Participantes plenamente identificados.
- c) Generar canales entre cada par de participantes para que las transacciones se lleven a cabo solamente entre los proveedores involucrados en un movimiento de portabilidad, implicando esto que el consenso solo tiene que alcanzarse a nivel de transacción y no a nivel de libro mayor.
- d) Optimizar el tiempo para la ejecución efectiva de la portabilidad numérica dada la cantidad de transacciones por segundo que podría llegar a realizar, lo cual se traduciría en un proceso más eficiente.
- e) Contar con independencia sistémica de una criptomoneda nativa porque es para mecanismos descentralizados pero cerrados de transacciones entre empresas, evitando con ello un posible intervencionismo para los esquemas de criptoactivos por parte de instancias financieras como el BANXICO y la CNBV.

11. Se respetarían y mantendrían los plazos máximos de afectación al servicio con la finalidad de garantizar la continuidad del mismo para el usuario.

A pesar de lo anterior y como se señaló en el análisis FODA, existen una serie de debilidades y amenazas que podrían representar cierto grado de dificultad u obstáculos para la implementación de la portabilidad numérica con esta tecnología, destacando entre ellas el que se tendría que hacer el uso de oráculos para dar solución a los contratos inteligentes, lo cual plantearía la posible interacción con otros sistemas en cuya operación se deberá tener confianza, puesto que de lo contrario se cuestionaría si el resultado del contrato inteligente pudo haberse visto comprometido; el hecho de que comparta similitudes con una base de datos centralizada a consecuencia de que se plantea la presencia de una autoridad de certificación, pero con la diferencia de esta entidad no participaría en la validación de las transacciones, sino que solamente decidiría y atribuiría el derecho a los nodos de participar en las operaciones de lectura y escritura, lo cual no le quita el hecho de que continúe siendo una red distribuida en la que todos los nodos, al final,

actualicen su libro mayor de números portados para saber en qué compañía estos se encuentran y sepan hacia dónde enrutar la comunicación; así como también los costos de capital inicial que implicaría el cambio de sistema, aunque se prevé que estos sean menores a aquellos identificados en un inicio para la implantación de la portabilidad numérica en el país mediante un sistema centralizado. Sin embargo, se encuentra que dichas debilidades y amenazas se ven sobrepasadas por las fortalezas que traería consigo el uso de esta tecnología, traducidas a su vez en potenciales beneficios para todos los implicados en el proceso de portabilidad numérica.

Para lograr este cometido y con miras a implementar este tipo de tecnologías en diversos sectores, algunas empresas ya se encuentran trabajando en soluciones como la mencionada para el caso de la portabilidad numérica; así como también otras que ya abordan aspectos relativos al cumplimiento de las normativas en materia de protección de datos personales. En el caso particular de México, este cambio de sistema requeriría de una adecuación al marco normativo vigente para eliminar todo lo referente al ABD y señalar la adopción de una solución técnica distribuida, así como también para realizar la inclusión de una autoridad de certificación, las especificaciones técnicas a considerar y la correspondiente reasignación de roles en el proceso de portabilidad numérica.



# Conclusiones

## Conclusiones

En México, debido a las bondades que el servicio móvil de telefonía permite como la movilidad, existe una considerable demanda de este; a diferencia de aquellas que brinda el servicio fijo de telefonía sin hacerlo esto menos útil e importante, pero sí menos solicitado.

La gran cantidad de líneas del servicio móvil de telefonía sumadas a aquellas presentes en el servicio fijo de telefonía a nivel nacional, se encuentran distribuidas en una amplia variedad de participantes en el mercado que involucran a una serie de concesionarios y comercializadoras de entre los cuales, los usuarios pueden elegir a aquel que cubra sus necesidades en torno a aspectos como el costo por los servicios, cobertura, calidad, atención al cliente, entre otros. Ante dicha situación, dichos actores están en una competencia constante y se ven en la necesidad de realizar una mejora continua de sus servicios para mantener a sus usuarios y atraer a nuevos.

La presencia de un esquema de portabilidad que le permita a los usuarios conservar su número telefónico es vital, pudiendo ser esta de proveedor de servicio (cambio de compañía telefónica), de localización (cambio de domicilio) o de servicio (cambio de tipo de servicio, por ejemplo, del servicio fijo de telefonía al servicio móvil de telefonía). En el país se ha establecido a la portabilidad numérica de proveedor de servicios y de localización como una medida regulatoria obligatoria a ser implementada por los PSTs.

El principal reto que implica la portabilidad de proveedor de servicios consiste en la solución técnica a utilizar, con la finalidad de que los PSTs conozcan hacia dónde enrutar la comunicación cuando hay números que han sido portados; no así esto para la portabilidad de localización, considerando que únicamente implica cambio de domicilio y no un cambio de compañía telefónica o PST. Otro de los retos que este tipo de portabilidad implica, consiste en que la solución técnica a emplear debe permitir realizar las validaciones necesarias entre los involucrados en el cambio de compañía (proveedor donador y proveedor receptor) para completar el proceso integral de portación de números. Por lo tanto, la elección de una solución

que permita a los PSTs realizar el movimiento de los números telefónicos entre compañías, así como contar con la información correcta de manera inmediata, oportuna y lo más automatizada posible relativa a dónde estos se encuentran, es vital para garantizar la comunicación y la continuidad de los servicios de los usuarios.

Actualmente, en México se utiliza uno de los esquemas más adoptado a nivel internacional denominado ACQ, el cual considera un mecanismo de enrutamiento directo que no involucra a la red del proveedor asignatario y consiste en una base de datos centralizada que contiene la información necesaria para el enrutamiento de la comunicación. Para su implementación se requiere de un ABD, el cual participa de manera activa y de forma relevante en el proceso de portabilidad numérica, y es quien a través de una serie de validaciones toma la decisión final respecto a la procedencia o improcedencia de las solicitudes de portabilidad de números. Para poder elegir a quien tomará tan relevante rol de ABD, se requiere de un complejo proceso de elección y contratación que implica acuerdos tanto técnicos como jurídicos por parte de los PSTs y el IFT, además de que demanda el establecimiento de un pago mensual por sus servicios, cuyo costo es absorbido por los PSTs.

El uso del referido esquema basado en un sistema centralizado, implica una serie de aspectos que pudieran tener gran influencia en el resultado final de las solicitudes de portabilidad numérica a causa de que, por un lado, representa un punto único de falla y en un caso fortuito o de fuerza mayor en el que su redundancia tanto lógica como física se viera afectada, el sistema estaría indisponible. Por otro lado, todos aquellos que hacen uso de sus servicios deben confiar en la información que dicha entidad centralizada les proporciona, dado que esta controla el sistema y se encarga de su operación, es decir, todas aquellas validaciones y decisiones que tome deberán ser aceptadas como objetivas y correctas. Sin embargo, en el proceso que se lleva a cabo actualmente en el país, la primera validación que realiza el ABD y para la cual cuenta con 15 minutos, a su vez se encuentra sujeta a una verificación por parte del proveedor donador, lo cual podría implicar un punto de error derivado de que, si el requerimiento para confirmar si el número pertenece a una persona

física o a una persona moral no es atendido en máximo 10 minutos; entonces el ABD da por sentado que pertenece a una persona física, y si la validación de la solicitud resulta positiva, entonces se considera que el número está listo para ser programado para ser portado a pesar de que la solicitud pudo haber correspondido a una persona moral. Asimismo, si el ABD no valida el rechazo de una solicitud de portabilidad así indicado por el proveedor donador en máximo 2 horas, la solicitud es rechazada en su totalidad a pesar de que, en caso de haber correspondido a una solicitud con varios números, algunos de ellos que sí cumplían con los requerimientos no fueron programados para portarse.

A razón de lo anterior y en aras de subsanar las posibles fallas o errores que pudiera conllevar el uso de la solución técnica adoptada actualmente, como alternativa a ésta se considera viable una solución técnica basada en un tipo de DLT como *blockchain* para la implementación de la portabilidad numérica en México, a través de una red *blockchain* con permiso privada.

Esta solución deberá considerar los siguientes aspectos:

1. Ser privada para limitar la lectura a ciertos participantes, los cuales corresponderían a los PSTs e inclusive, también al IFT.
2. Debe ser con permiso, teniendo en cuenta que no cualquier nodo podría unirse a la *blockchain* para generar y agregar nuevos bloques, sino que para ello, el acceso estaría restringido solamente a los PSTs; por lo tanto, únicamente podrían ingresar a la misma aquellos que estuvieran autorizados como lectores o escritores, logrando con ello cierto nivel de privacidad. Es importante mencionar que el uso de una *blockchain* pública no sería pertinente puesto que, en el entorno de la portabilidad numérica, a los únicos que les concierne un movimiento de portabilidad es a los PSTs y no a cualquier otro nodo que quisiera participar en la red.
3. En lo que respecta al modelo de consenso a emplear, a causa de que no se contempla el uso de una *blockchain* pública y no habría numerosos nodos que compitieran al mismo tiempo para validar el siguiente bloque en la cadena, modelos de consenso como PoW o PoS no serían necesarios. En este caso, un PST requeriría añadir un nuevo bloque cada que tuviera una

lista de transacciones o movimientos de portabilidad que anunciar, con la finalidad de que todos los PSTs actualizaran su libro mayor de números portados y por tanto, contaran con la información de hacia dónde enturar la comunicación. Es por ello que, para que los PSTs se pongan de acuerdo, se propone el uso del modelo de consenso PoA o también denominado PoI, en el cual la identidad y reputación de los PSTs se vería afectada en caso de que estos actuaran de una manera indebida, situación ante la cual estarían incentivados a comportarse de manera adecuada, pudiendo coadyuvar esto a mitigar aún más las portaciones ejecutadas sin el consentimiento del usuario que a la fecha ha registrado el IFT y para las cuales dicho organismo ha emprendido diversas acciones con la finalidad de contrarrestar esta mala práctica. Lo anterior, teniendo en cuenta que a través de este sistema se podrá tener un registro inmutable de las transacciones ejecutadas cronológicamente, quedando documentada cada una de ellas y evidenciando al originador estas. Esto sumado a que el referido modelo de consenso solamente es aplicable a redes *blockchain* con permiso, lo cual lo hace más rápido para procesar nuevos bloques (dado el número restringido de participantes y que, para el caso particular de una solicitud de portabilidad, esta tiene que pasar exclusivamente por una serie de validaciones ejecutadas por los nodos involucrados en el cambio que fungen como proveedor receptor y proveedor donador); a diferencia de lo que ocurre en las redes *blockchain* públicas que utilizan modelos de consenso como PoW el cual consume grandes recursos computacionales y de energía.

4. Con respecto a las plataformas analizadas, se desprende que la opción que más se adapta a las necesidades de un proceso como el de portabilidad numérica es Hyperledger Fabric, a razón de que por un lado, corresponde a una red con permiso privada con participantes plenamente identificados que tiene independencia sistémica de una criptomoneda nativa y por el otro, permitiría crear canales entre cada par de PSTs involucrados en un movimiento de portabilidad. Además, al final del proceso permitiría dar a

conocer a través de un canal común la ejecución exitosa de las solicitudes de portabilidad.

Este sistema sería más robusto considerando que al ser descentralizado y distribuido, permitiría que cada PST contara con su libro mayor de números portados para consultar en qué red se encuentran los números telefónicos; haría más eficiente el proceso de portabilidad numérica al prescindir de una entidad centralizada que lleve a cabo las validaciones y permitiría que estas se realizaran de manera directa entre los PSTs mediante el uso de contratos inteligentes, los cuales representarían en líneas de código las reglas para decidir bajo qué supuestos un número es candidato para portarse o no (conforme a las reglas emitidas por el IFT); y mediante el consenso, permitiría que llegaran a acuerdos para aceptar las transacciones y los nuevos bloques. Además, el hecho de que el IFT pudiera montarse en la red le permitiría tener visibilidad del historial de las transacciones efectuadas y contar con la información de cada movimiento de portabilidad en el momento que así lo requiriera para la generación de reportes, estadísticas y/o análisis. Esto significaría una optimización del tiempo que invierte este organismo en obtener la información, ya que actualmente debe solicitársela al ABD y esperar la respuesta correspondiente.

Las validaciones a realizar para poder determinar si un número es candidato para portarse o no, se podrían comenzar a realizar a partir de las 19:00 horas al prescindir de la participación del ABD y considerar como tiempo adicional aquel que le tomaba a este realizar la validación más prolongada. Esto a diferencia de como actualmente se realiza, las cuales deben comenzar a las 17:00 horas para que los PSTs receptores cuenten con el tiempo suficiente para mandar la información al ABD y este genere el archivo de números a portarse. El inicio de las validaciones a las 19:00 horas significaría que los usuarios podrían contar con 2 horas adicionales para ingresar su solicitud ante el proveedor receptor y ejercer su derecho a la portabilidad. Sin embargo, para no afectar el servicio como resultado de la ejecución de la portabilidad, el cambio de compañía se tendría que continuar llevando a cabo en ventana de mantenimiento, motivo por el cual, aunque las validaciones se llevarían a cabo de manera automatizada y en menor tiempo al prescindir del ABD,

el cambio de compañía se debería ejecutar en el horario que actualmente se realiza, esto es, a las 2:00 horas.

Es menester mencionar que, dadas las características de esta tecnología y de la plataforma a emplear, los movimientos de portabilidad y la actualización de la información en los libros mayores de números portados de los PSTs se ejecutarían de manera rápida en cuestión de segundos, en vista de que podría llegar a soportar hasta 20,000 transacciones por segundo y en promedio por día se requerirían de 60,000 transacciones; cumpliendo esto con lo establecido en las reglas de portabilidad numérica vigentes en torno a que la afectación en la continuidad del servicio no puede ser mayor a 30 minutos en el 95% de los casos y en ningún caso de más de 120 minutos, así como también cumpliendo con el plazo máximo de ejecución de 24 horas.

Por lo que atañe a los costos directos, si bien, aunque aquellos considerados como iniciales (también denominados costos fijos) empleados para la conformación del nuevo sistema se vislumbran en casi \$2 millones de dólares, mucho menores al monto total identificado para la implantación de la portabilidad numérica en el país haciendo uso de un sistema centralizado equivalente a \$19 millones de dólares, la reducción en los costos de operación se vería reflejada de manera recurrente (también conocidos como costos variables) al no tener que pagar los PSTs una tarifa mensual por los servicios prestados por el ABD durante la vigencia del contrato calculados de manera aproximada actualmente en más de \$1 millón de dólares, comparados con el costo variable que implicaría el sistema *blockchain* el cual se prevé en un monto mucho menor a los \$100 mil dólares mensuales.

Finalmente, retomando el punto señalado en la introducción relativo a que debía ser evaluado si los beneficios de una *blockchain* superan la incapacidad de actualizar y eliminar los datos y si su característica de inmutabilidad era práctica para el tipo de datos que se utilizan, el análisis realizado relativo a la privacidad, protección de datos personales y derecho al olvido, arrojó que sí se podría dar cumplimiento a la normativa aplicable en la materia si los documentos de identificación requeridos para ingresar una solicitud de portabilidad se almacenan fuera de la *blockchain*, además de que se considera que las fortalezas con la que

contaría este sistema, traducidas a su vez en potenciales beneficios tanto para los PSTs, como para el regulador y los usuarios, sobrepasan las debilidades y amenazas encontradas en el análisis FODA.

## **Recomendaciones**

A continuación, se enlistan una serie de recomendaciones que se consideran pertinentes revisar de manera puntual, previo a la implementación de una solución basada en un sistema descentralizado y distribuido como *blockchain* para la portabilidad numérica en México:

1. Realización de un Análisis de Impacto Regulatorio (AIR).
2. Análisis puntual de las implicaciones tanto técnicas como administrativas que tendría para el IFT al participar como la autoridad de certificación, así como de tener que establecer el sistema de generación y notificación de NIPs de confirmación y el sistema de información, a consecuencia de que esto le representaría una carga administrativa y el tener que destinar recursos económicos para poder montarse en la red *blockchain*.
3. Definición de los aspectos técnicos específicos para poder participar en la red a falta de estándares y normas por parte de organismos internacionales que se enfoquen en la utilización de esta tecnología para la portabilidad numérica.
4. Realización de un plan de migración de un sistema a otro y una posible convivencia entre ambos sistemas durante el periodo de cambio, salvaguardando en todo momento los derechos de los usuarios.
5. Análisis de la reasignación de roles y obligaciones entre los actores participantes en el proceso de portabilidad numérica, dada la ausencia de un ABD y la presencia de una autoridad de certificación como nuevo actor.
6. Análisis de las implicaciones tanto técnicas como jurídicas que traería consigo la formulación y el uso de contratos inteligentes, similar a lo que se está realizando en OFCOM del Reino Unido relativo al estudio de la evolución de los contratos inteligentes para identificar cualquier cuestión jurídica inminente.

7. Análisis de la necesidad del uso de diversos oráculos y de la confiabilidad de estos para dar solución a los contratos inteligentes, con el objeto de garantizar la imparcialidad y objetividad de los resultados que dichos contratos inteligentes arrojen.
8. Aplicación de las mejores prácticas para el manejo adecuado de las claves privadas por parte de los PSTs para asegurar que tuvieran el acceso y control de su información, con la finalidad de que esta no quedara expuesta a terceros.
9. Realización de un ejercicio de consulta pública para recabar comentarios, propuestas de mejora y opiniones de los PSTs y demás personas físicas o morales interesadas en aportar su experiencia en la materia, para coadyuvar en la conformación de una propuesta regulatoria óptima que beneficiara a todas las partes involucradas.

La revisión y análisis de los puntos anteriores debería ser llevada a cabo por el IFT en conjunto con la industria del sector de telecomunicaciones, tomando como referente la experiencia de OFCOM en el Reino Unido, dada la estrecha colaboración que tuvieron con la industria durante el periodo de evaluación del posible uso de la tecnología *blockchain* para la portabilidad numérica; así como también considerando las recomendaciones emitidas por otros reguladores de telecomunicaciones u organismos de normalización y estandarización internacionales que hubieran elaborado trabajos, estudios o averiguaciones relativas a la posible utilización de esta tecnología para la implementación de la referida medida regulatoria.

## Bibliografía

- Agencia de Regulación y Control de las Telecomunicaciones. (2015). *Portabilidad Numérica*. [https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Portabilidad\\_Numerica.pdf](https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Portabilidad_Numerica.pdf)
- Agora. (s.f.). *Bringing our voting systems into the 21st century: Whitepaper Version 0.2* [Llevando nuestros sistemas de votación al siglo XXI: Libro Blanco versión 0.2]. [https://static1.squarespace.com/static/5b0be2f4e2ccd12e7e8a9be9/t/5f37eed8cedac41642edb534/1597501378925/Agora\\_Whitepaper.pdf](https://static1.squarespace.com/static/5b0be2f4e2ccd12e7e8a9be9/t/5f37eed8cedac41642edb534/1597501378925/Agora_Whitepaper.pdf)
- Ajn, P., & van de Ruit, D. (2018). *Blockchain – Operator Opportunities Version 1.0* [Blockchain - Oportunidades para el Operador Versión 1.0]. GSMA. [https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/IG.03-v1.0\\_Whitepaper.pdf](https://www.gsma.com/newsroom/wp-content/uploads/IG.03-v1.0_Whitepaper.pdf)
- Allende, M. (2020). *Identidad Digital Auto-Gestionada. El futuro de la identidad digital: auto-gestión, billeteras digitales y blockchain* (Segunda ed.). Inter-American Development Bank. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/Identidad-digital-auto-soberana-El-futuro-de-la-identidad-digital-Auto-soberania-billeteras-digitales-y-blockchain.pdf>
- Androulaki, E., Barger, A., Bortnikov, V., Cachin, C., Christidis, K., De Caro, A., Enyeart, D., Ferris, C., Laventman, G., Manevich, Y., Muralidharan, S., Murthy, C., Nguyen, B., Sethi, M., Singh, G., Smith, K., Sorniotti, A., Stathakopoulou, C., Vukolić, M.,...Yellick, J. (2018). Hyperledger Fabric: A Distributed Operating System for Permissioned Blockchains [Hyperledger Fabric: Un sistema operativo distribuido para blockchains con permiso]. *Proceedings of the Thirteenth EuroSys Conference (EuroSys '18)*, Artículo 30, Nueva York, Estados Unidos de América. Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/3190508.3190538>
- Arias, F. (2012). *El Proyecto de Investigación: Introducción a la metodología científica* (Sexta ed.). Episteme.

- Arroyo, D., Díaz, J., & Hernández, L. (2019). *¿Qué sabemos de? Blockchain*. CSIC; Catara.
- Attaran, M., & Gunasekaran, A. (2019). *Applications of Blockchain Technology in Bussiness: Challenges and Opportunities* [Aplicaciones de la Tecnología Blockchain en los negocios: Retos y Oportunidades]. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-27798-7>
- Azure Blockchain Service. (s.f.-a). *Build, govern, and expand consortium blockchain networks* [Construir, gobernar y ampliar las redes blockchain de consorcio]. <https://azure.microsoft.com/en-us/services/blockchain-service/>
- (s.f.-b). *Pricing calculator: Configure and estimate the costs for Azure products* [Calculadora de precios: Configura y estima los costos de los productos Azure]. <https://azure.microsoft.com/en-us/pricing/calculator/?service=blockchain-service>
- Bambara, J., & Allen, P. (2018). *Blockchain: A Practical Guide to Developing Business, Law, and Technology Solutions* [Blockchain: Una guía práctica para el desarrollo de soluciones empresariales, jurídicas y tecnológicas] (Tercera ed.). McGraw-Hill Education.
- Banco Bilbao Vizcaya Argentaria. (2018). *¿Cuál es la diferencia entre una DLT y 'blockchain'?* <https://www.bbva.com/es/diferencia-dlt-blockchain/>
- Bashir, I. (2018). *Mastering Blockchain: Distributed ledger technology, decentralization, and smart contracts explained* [Dominando Blockchain: Tecnología de libro mayor distribuido, descentralización y contratos inteligentes explicados] (Segunda ed.). Packt Publishing.
- Bauerle, N. (2017). *Blockchain 101*. <https://old.coindesk.com/learn/blockchain-101/how-does-blockchain-technology-work>
- Beamonte, P. (2018). *Sierra Leona es el primer país que usa blockchain en unas elecciones*. <https://hipertextual.com/2018/03/sierra-leona-blockchain-elecciones>
- Behar, D. (2008). *Metodología de la Investigación*. (A. Rubeira, Ed.). Shalom.
- Berghoff, C., Gebhardt, U., Lochter, M. & Maßberg, S. (2019). *Towards Secure Blockchains: Concepts, Requirements, Assessments* [Hacia Blockchains

- Seguras: Conceptos, Requisitos y Evaluaciones]. Federal Office for Information Security (BSI). [https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/EN/BSI/Crypto/Secure\\_Blockchain.pdf?\\_\\_blob=publicationFile&v=3](https://www.bsi.bund.de/SharedDocs/Downloads/EN/BSI/Crypto/Secure_Blockchain.pdf?__blob=publicationFile&v=3)
- Berryhill, J., Bourgery, T., & Hanson, A. (2018). *Blockchains Unchained: Blockchain Technology and its Use in the Public Sector* [Blockchains desencadenadas: Tecnología Blockchain y su Uso en el Sector Público]. OECD Working Papers on Public Governance, No. 28. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/3c32c429-en>
- Braun-Dubler, N., Gier, H., Bulatnikova, T., Langhart, M., Merki, M., Roth, F., Burret, A., & Perdrisat, S. (2020). *Blockchain: Capabilities, Economic Viability, and the Socio-Technical Environment* [Blockchain: Capacidades, viabilidad económica y entorno sociotécnico]. vdf Hochschulverlag AG an der ETH Zürich. doi:10.3218/4017-3
- British Telecommunications. (2019). *Promoting trust in telephone numbers: BT's response to consultation published on 11 April 2019* [Fomento de la confianza en los números de teléfono: La respuesta de BT a la consulta publicada el 11 de abril de 2019]. [https://www.ofcom.org.uk/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0014/154400/bt.pdf](https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0014/154400/bt.pdf)
- Brown, R., Carlyle, J., Grigg, I., & Hearn, M. (2016). *Corda: An Introduction* [Corda: Una Introducción]. doi:10.13140/RG.2.2.30487.37284
- Buehler, S., Dewenter, R., & Haucap, J. (2006). Mobile number portability in Europe. [La portabilidad numérica móvil en Europa]. *Telecommunications Policy*, 30(7), 385-399. <https://doi.org/10.1016/j.telpol.2006.04.001>
- Businesswire. (2020). *Civic Launches Consumer-First Digital Wallet, Announces Privacy-First Proof-of-Health Verification for Employers* [Civic lanza la Cartera Digital el Consumidor-Primero, Anuncia la Verificación para Empleadores Privacidad-Primero Prueba-de-Salud]. <https://www.businesswire.com/news/home/20200616006076/en/Civic-Launches-Consumer-First-Digital-Wallet-Announces-Privacy-First-Proof-of-Health-Verification-for->



C3%B3n%20autom%C3%A1tica%20por%20llamadas%20ca%C3%ADdas.pdf

Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones. (1999). *III. Actividad de la Comisión del Mercado de las Telecomunicaciones*. <https://www.cnmc.es/file/30865/download>

Corrales, M., Fenwick, M., & Haapio, H. (Edits.). (2019). *Legal Tech, Smart Contracts and Blockchain* [Tecnología Legal, Contratos Inteligentes y Blockchain]. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-6086-2>

Cullen International. (2011). *CMT confirms existing MNP cost sharing rules* [La CMT confirma las reglas existentes de reparto de costos de la MNP]. <https://www.cullen-international.com/product/documents/sections?section=67f177dc-da9b-44ec-8cfc-566eb719bd3c&orderBy=country&uniqueNumber=B5TEEU20110009>

De Angelis, S., Aniello, L., Baldoni, R., Lombardi, F., Margheri, A., & Sassone, V. (2017). *PBFT vs Proof-of-Authority: Applying the CAP Theorem to Permissioned Blockchain* [PBFT vs Prueba-de-Autoridad: Aplicando el Teorema CAP a la Blockchain con Permiso]. *Italian Conference on Cybersecurity*. [https://www.researchgate.net/publication/320619309\\_PBFT\\_vs\\_proof-of-authority\\_applying\\_the\\_CAP\\_theorem\\_to\\_permissioned\\_blockchain](https://www.researchgate.net/publication/320619309_PBFT_vs_proof-of-authority_applying_the_CAP_theorem_to_permissioned_blockchain)

De Quénetain, S. (s.f.). *Hashing Algorithm: the complete guide to understand* [Algoritmo Hash: la guía completa para entender]. <https://www.blockchains-expert.com/en/hashing-algorithm-the-complete-guide-to-understand/>

Digital Transformation World TM Forum. (2018). *Blockchain Unleashed* [Blockchain Desencadenada]. <https://www.tmforum.org/wp-content/uploads/2018/03/T.-Blockchain-Unleashed.pdf>

Do4Africa. (s.f.). *BenBen: Digitalisation of the Ghanaian land register* [BenBen: Digitalización del registro de tierras de Ghana]. <https://www.do4africa.org/en/projects/smart-city-1-2/6944/benben-2/>

- Dunn, P. (2007). *Mobile call termination and number portability* [Terminación de llamadas móviles y portabilidad numérica]. Cullen International. <https://www.cullen-international.com/product/documents/sections?section=8ff42e34-6a4a-45dd-9565-9f7cba5a3c49&orderBy=country&uniqueNumber=B5TEEU20070007>
- Durán, M., Gómez, A., Sánchez, M. (Coordinadores), Aijón, M., Corrochano, D., Cruz, J., González, L., González, Eva., Martín, Ma., Martín, E., Navarro, A., Vicario-Molina, I. (Contribuidores). (2017). *Guía didáctica para la elaboración de un Trabajo Académico*. Iberoprinter. [https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/132754/dpee\\_Gu%EDatrabaj oacad%E9mico.pdf;jsessionid=092DFB7B71820CAC20F091900957106B?sequence=1](https://gredos.usal.es/bitstream/handle/10366/132754/dpee_Gu%EDatrabaj oacad%E9mico.pdf;jsessionid=092DFB7B71820CAC20F091900957106B?sequence=1)
- Eenmaa, H., & Schmidt, M. (2019). Creating markets in no-trust environments: The law and economics of smart contracts [Creando mercados en entornos sin confianza: El derecho y la economía de los contratos inteligentes]. *Computer Law & Security Review*, 35(1), 69-88. <https://doi.org/10.1016/j.clsr.2018.09.003>
- e-estonia. (s.f.-a). *e-identity* [identidad digital]. <https://e-estonia.com/solutions/e-identity/>
- (s.f.-b). *e-governance* [gobierno digital]. <https://e-estonia.com/solutions/e-governance/>
- (s.f.-c). *Security and safety: ksi blockchain* [Seguridad y protección: blockchain ksi]. <https://e-estonia.com/solutions/security-and-safety/>
- (s.f.-d). *Healthcare* [Cuidado de la salud]. <https://e-estonia.com/solutions/healthcare/>
- Emmadi, N., Vigneswaran, R., Kanchanapalli, S., Maddali L., & Narumanchi, H. (2019). Practical Deployability of Permissioned Blockchains [Despliegue práctico de las cadenas de bloques con permiso]. En W. Abramowicz, & A. Paschke (Edits.), *Business Information Systems Workshops, BIS 2018 International Workshops, Berlin, Germany, July 18–20, 2018, Revised*

- Papers*; Vol. 339 Lecture Notes in Business Information Processing (págs. 229–243). [https://doi.org/10.1007/978-3-030-04849-5\\_21](https://doi.org/10.1007/978-3-030-04849-5_21)
- Escobar, R. (2018). Impacto de las modificaciones en el proceso de portabilidad numérica sobre los servicios de telecomunicación móvil. *Estudios Económicos* (México, D.F.), 33(1). [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0186-72022018000100003&lang=es#B28](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0186-72022018000100003&lang=es#B28)
- ethereumprice. (s.f.). *Ethereum Gas Charts* [Gráficos de gas de Ethereum]. <https://ethereumprice.org/gas/>
- European Telecommunications Standards Institute. (s.f.). *Industry Specification Group (ISG) Permissioned Distributed Ledger (PDL)* [Grupo de Especificaciones de la Industria (GEI) de Libro Mayor Distribuido con Permiso (LMDP)]. <https://www.etsi.org/committee/1467-pdl>
- (2018). *ETSI TS 123 066 V15.0.0 (2018-07), Digital cellular telecommunications system (Phase 2+) (GSM); Universal Mobile Telecommunications System (UMTS); Support of Mobile Number Portability (MNP); Technical realization; Stage 2 (3GPP TS 23.066 version 15.0.0 Release 15)* [ETSI TS 123 066 V15.0.0 (2018-07), Sistema de Telecomunicaciones Celulares Digitales (Fase 2+) (GSM); Sistema de Telecomunicaciones Móviles Universales (UMTS); Soporte a la Portabilidad Numérica Móvil (PNM); Realización técnica; Fase 2 (3GPP TS 23.066 versión 15.0.0 Publicación 15)]. [https://www.etsi.org/deliver/etsi\\_ts/123000\\_123099/123066/15.00.00\\_60/ts\\_123066v150000p.pdf](https://www.etsi.org/deliver/etsi_ts/123000_123099/123066/15.00.00_60/ts_123066v150000p.pdf)
- Falazi, G., Hahn, M., Breitenbücher, U., Leymann, F., & Yussupov, V. (2019). Process-Based Composition of Permissioned and Permissionless Blockchain Smart Contracts [Composición Basada en Procesos de Contratos Inteligentes de Blockchains con y sin permiso]. *2019 IEEE 23rd International Enterprise Distributed Object Computing Conference (EDOC)* (págs. 77-87), París, Francia. doi:10.1109/EDOC.2019.00019

- Finck, M. (2019). *Blockchain and the General Data Protection Regulation: Can distributed ledgers be squared with European data protection law?* [Blockchain y el Reglamento General de Protección de Datos: ¿Se pueden cuadrar los libros mayores distribuidos con la ley europea de protección de datos?]. EPRS | European Parliamentary Research Service. doi:10.2861/535
- Gatteschi, V., Lamberti, F., & Demartini, C. (2020). Blockchain Technology Use Cases [Casos de uso de la Tecnología Blockchain]. En S. Kim, & G. Chandra, (Edits.), *Advanced Applications of Blockchain Technology*; Vol. 60. Studies in Big Data (págs. 91-114). Springer.
- Gavin, W. (s.f.). *Ethereum: A Secure Decentralised Generalised Transaction Ledger* [Ethereum: Un Libro Mayor De Transacciones Descentralizado y Seguro]. <https://gavwood.com/paper.pdf>
- GĚRENS. (2018). *Fundamentos del Blockchain: ¿qué es esta tecnología?* <https://gerens.pe/blog/fundamentos-blockchain/>
- Golosova, J., & Romanovs, A. (2018). The Advantages and Disadvantages of the Blockchain Technology [Las Ventajas y Desventajas de la Tecnología Blockchain]. *2018 IEEE 6th Workshop on Advances in Information, Electronic and Electrical Engineering (AIEEE)* (págs. 1-6), Vilnius, Lituania. doi:10.1109/AIEEE.2018.8592253
- Gorenflo, C., Lee, S., Golab, L., & Keshav, S. (2019). FastFabric: Scaling Hyperledger Fabric to 20,000 Transactions per Second [FastFabric: Escalando Hyperledger Fabric a 20,000 Transacciones por Segundo]. *2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*, (págs. 455-463), Seúl, Corea (Sur). doi:10.1109/BLOC.2019.8751452
- Grant Thornton. (2018). *RGPD y Blockchain: Soluciones blockchain para el Reglamento General de Protección de Datos*. <https://www.grantthornton.es/globalassets/1.-member-firms/spain/folletos/rgpd-y-blockchain-final.pdf>
- Guo, H., Zheng, H., Xu, K., Kong, X., Liu, J., Liu, F., & Gai, K. (2018). An Improved Consensus Mechanism for Blockchain [Un Mecanismo de Consenso Mejorado para Blockchain]. En M. Qiu (Ed.), *Smart Blockchain: First*

- International Conference, SmartBlock 2018 Tokyo, Japan, December 10–12, 2018 Proceedings*; Vol. 11373 Lecture Notes in Computer Science (págs. 129-138). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-05764-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-3-030-05764-0_14)
- Harris, C. (2019). Improving Telecom Industry Processes Using Ordered Transactions in Hyperledger Fabric [Mejorando los Procesos de la Industria de las Telecomunicaciones Usando Transacciones Ordenadas en Hyperledger Fabric]. *2019 IEEE Globecom Workshops (GC Wkshps)* (págs. 1-6), Waikoloa, Hawaii, Estados Unidos de América. doi:10.1109/GCWkshps45667.2019.9024541
- Hyperledger White Paper Working Group. (2018). *An Introduction to Hyperledger* [Una introducción a Hyperledger] (V1.1). [https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2018/08/HL\\_Whitepaper\\_IntroductiontoHyperledger.pdf](https://www.hyperledger.org/wp-content/uploads/2018/08/HL_Whitepaper_IntroductiontoHyperledger.pdf)
- Indestege, D. (2015). *Number portability with central database* [Portabilidad numérica con base de datos centralizada]. <https://www.cullen-international.com/product/documents/sections?section=085b987c-273d-4110-b4d3-ae84f93021e&orderBy=country&uniqueNumber=B5TEEU20150010>
- Instituto Dominicano de las Telecomunicaciones. (s.f.-a). *Potabilidad Numérica*. <https://indotel.gob.do/telecomunicaciones/telefonicas/portabilidad-numerica/#:~:text=En%20la%20Rep%C3%BAblica%20Dominicana%20la,ri esgo%20de%20perder%20su%20n%C3%BAmero>
- (s.f.-b). *Portabilidad Numérica*. <https://dau.indotel.gob.do/preguntas-frecuentes-del-usuario/portabilidad-num%C3%A9rica/>
- Instituto Federal de Telecomunicaciones. (2014). *Análisis de Impacto Regulatorio*. <http://www.ift.org.mx/sites/default/files/industria/temasrelevantes/489/documentos/airportabilidadfinal06nov14.pdf>
- (2018a). *Invitación para la presentación de ofertas dirigida a proveedores de soluciones para la administración de la Administración de la Base de datos de la portabilidad*. <http://www.ift.org.mx/industria/invitacion-para-la-presentacion-de-ofertas-dirigida-proveedores-de-soluciones-para-la-administracion>

- (2018b). *Informe Estadístico Soy Usuario: Octubre - Diciembre 2018*.  
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/usuarios-y-audiencias/soyusuario-4v2.2finalacc.pdf>
- (2019a). *Informe Estadístico Soy Usuario: Enero - Marzo 2019*.  
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/usuarios-y-audiencias/soyusuarioacc270519final.pdf>
- (2019b). *Informe Estadístico Soy Usuario: Abril - Junio 2019*.  
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/usuarios-y-audiencias/soyusuarioabrjun19acc.pdf>
- (2019c). *Informe Estadístico Soy Usuario: Julio - Septiembre 2019*.  
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/usuarios-y-audiencias/soyusuario5acc.pdf>
- (2019d). *Informe Estadístico Soy Usuario: Octubre - Diciembre 2019*.  
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/usuarios-y-audiencias/soyusuario4201920.pdf>
- (2020a). *Banco de Información de Telecomunicaciones: Información estadística trimestral*.  
[https://bit.ift.org.mx/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer\\_guest.jsp?appSwitcherDisabled=false&reportName=Informaci%C3%B3n%20estad%C3%ADstica%20trimestral&reportPath=/Shared+Data/SAS+Visual+Analytics/Reportes/&appSwitcherDisabled=true](https://bit.ift.org.mx/SASVisualAnalyticsViewer/VisualAnalyticsViewer_guest.jsp?appSwitcherDisabled=false&reportName=Informaci%C3%B3n%20estad%C3%ADstica%20trimestral&reportPath=/Shared+Data/SAS+Visual+Analytics/Reportes/&appSwitcherDisabled=true)
- (2020b). *Soy Usuario: Primer Informe Trimestral 2020*.  
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/usuarios-y-audiencias/soyusuario1er2020vacc.pdf>
- (2020c). *Soy Usuario: Segundo Informe Trimestral Abril - Junio 2020*.  
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/usuarios-y-audiencias/soyusuario22020vacc.pdf>
- (2020d). *Soy Usuario: Tercer Informe Trimestral 2020*.  
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/contenidogeneral/usuarios-y-audiencias/informeusuario3.pdf>

- Instituto Nacional de Transparencia, Acceso a la Información y Protección de Datos Personales. (2015). *Guía para implementar un Sistema de Gestión de Seguridad de Datos Personales Junio 2015*.  
[http://inicio.inai.org.mx/DocumentosdelInteres/Gu%C3%ADa\\_Implementaci%C3%B3n\\_SGSDP\(Junio2015\).pdf](http://inicio.inai.org.mx/DocumentosdelInteres/Gu%C3%ADa_Implementaci%C3%B3n_SGSDP(Junio2015).pdf)
- (2017). *Introducción a la Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados*.  
[http://www.ift.org.mx/sites/default/files/anexo\\_circular\\_10-18\\_manual\\_lgpdppso\\_acc.pdf](http://www.ift.org.mx/sites/default/files/anexo_circular_10-18_manual_lgpdppso_acc.pdf)
- (2019). *Diccionario de Protección de Datos Personales: Conceptos fundamentales*. (I. Fernández, Coordinadora).  
<https://transparencia.guadalajara.gob.mx/sites/default/files/DiccionarioProteccionDatosPersonales.pdf>
- International Business Machines. (2020). *Iniciación a IBM Blockchain Platform*.  
<https://cloud.ibm.com/docs/blockchain?topic=blockchain-get-started-ibp&locale=es>
- (2021). *Acerca de IBM Blockchain Platform for IBM Cloud*.  
<https://cloud.ibm.com/docs/blockchain?topic=blockchain-ibp-console-overview>
- International Telecommunication Union. (1998). *Telecommunication Standardization Sector, Series Q: Switching and Signaling, Supplement 4 (05/98), Number portability – Capability set 1 requirements for service provider portability (All call query and Onward routing)* [Sector de Normalización de las Telecomunicaciones, Serie Q: Conmutación y Señalización, Suplemento 4 (05/98), Portabilidad Numérica – Requisitos del conjunto de capacidades 1 para la portabilidad de proveedor de servicio (consulta de todas las llamadas y enrutamiento progresivo)].  
<https://www.itu.int/rec/T-REC-Q.Sup4-199805-I/en>
- (2019a). *Technical Specification FG DLT D1.1; Distributed ledger technology terms and definitions* [Especificación técnica FG DLT D1.1;

- Términos y definiciones de la tecnología de libro mayor distribuido*.  
<https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/dlt/Documents/d11.pdf>
- (2019b). *Technical Report FG DLT D2.1, Distributed ledger technology use cases* [Informe técnico FG DLT D2.1, Casos de uso de la tecnología de libro mayor distribuido]. <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/dlt/Documents/d21.pdf>
- (2020). *Telecommunication Standardization Sector, E. 164, Supplement 2 (06/2020), Series E: Overall Network Operation, Telephone Service, Service Operation and Human Factors. International Operation - Numbering plan of the international telephone service. The international public telecommunication numbering plan. Supplement 2: Number portability* [Sector de Normalización de las Telecomunicaciones, E. 164, Suplemento 2 (06/2020), Serie E: Operación General de la Red, Servicio Telefónico, Operación del Servicio y Factores Humanos. Operación Internacional - Plan de numeración del servicio telefónico internacional. El plan de numeración de la telecomunicación pública internacional. Suplemento 2: Portabilidad Numérica]. <https://www.itu.int/rec/T-REC-E.164-202006-!Sup2/es>
- (s.f.). *Focus Group on Application of Distributed Ledger Technology* [Grupo Focal sobre la Aplicación de la Tecnología de Libro Mayor Distribuido]. <https://www.itu.int/en/ITU-T/focusgroups/dlt/Pages/default.aspx>
- IOTA. (s.f). *An Open, Feeless Data And Value Transfer Protocol* [Un Protocolo de Transferencia de Datos y Valores Abierto y sin Fronteras]. <https://www.iota.org/>
- ITALTEL. (2019). *First blockchain-based solution for Number Portability* [Primera solución basada en blockchain para la Portabilidad Numérica]. <https://www.italtel.com/first-blockchain-based-solution-for-number-portability/>
- Jain, K. (2020). *Bitcoin Blockchain: Protocol for Micropayments* [BitCoin Blockchain: Protocolo para Micropagos]. Bpb Publications.
- Jossey, P. (2021). *LBRY Cryptocurrency Prosecution Shows SEC's Misplaced Priorities* [La persecución de la criptomoneda LBRY muestra las prioridades

- equivocadas de la SEC]. Competitive Enterprise Institute. <https://cei.org/blog/lbry-cryptocurrency-prosecution-shows-secs-misplaced-priorities/>
- Juárez, J. (s.f.). *Webinar 5: Portabilidad Numérica*. <http://www.meinformo.ift.org.mx/download.php?file=26>
- Khalili, M., Dakhilalian, M., & Susilo, W. (2020). Efficient chameleon hash functions in the enhanced collision resistant model [Funciones hash camaleónicas en el modelo mejorado de resistencia a las colisiones]. *Information Sciences*, 510, 155-164. <https://doi.org/10.1016/j.ins.2019.09.001>
- Krishnaswamy, D., Chauhan, K., Bhatnagar, A., Jha, S., Srivastava, S., Bhamrah, D., & Prasad, M. (2019). The Design of a Mobile Number Portability System on a Permissioned Private Blockchain Platform [El Diseño de un Sistema de Portabilidad Numérica Móvil en una Plataforma Blockchain con Permiso Privada]. *2019 IEEE International Conference on Blockchain and Cryptocurrency (ICBC)*, (págs. 90-94), Seúl, Corea (Sur). doi:10.1109/BLOC.2019.8751231
- LeewayHertz. (s.f.). *How to determine the cost of blockchain implementation?* [¿Cómo determinar el costo de la implementación de blockchain?]. <https://www.leewayhertz.com/cost-of-blockchain-implementation/>
- Legerén, A. (2019). Retos Jurídicos que Plantea la Tecnología de la Cadena de Bloques. Aspectos legales de Blockchain. *Revista de Derecho Civil*, VI(1), 177-237. <https://www.nreg.es/ojs/index.php/RDC/article/view/356/337>
- Lin, Y.-B., Chlamtac, I., & Yu, H.-C. (2003). Mobile Number Portability [Portabilidad Numérica Móvil]. En *IEEE Network*, 17(5), págs. 8-16. doi:10.1109/MNET.2003.1233913
- Lyons, T., & Courcelas, L. (2020a). *Blockchain and Cyber Security* [Blockchain y Ciber Seguridad]. The European Union Blockchain Observatory & Forum. [https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report\\_security\\_v1.0.pdf?width=1024&height=800&iframe=true](https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_security_v1.0.pdf?width=1024&height=800&iframe=true)
- (2020b). *Blockchain use cases in Healthcare* [Casos de uso de Blockchain en el cuidado de la salud]. The European Union Blockchain Observatory &

Forum.

[https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report\\_healthcare\\_v1.0.pdf?width=1024&height=800&iframe=true](https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/report_healthcare_v1.0.pdf?width=1024&height=800&iframe=true)

Lyons, T., Courcelas, L., & Timsit, K. (2018a). *Blockchain for government and public services* [Blockchain para el gobierno y los servicios públicos]. The European Union Blockchain Observatory & Forum.

[https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/eu\\_observatory\\_blockchain\\_in\\_government\\_services\\_v1\\_2018-12-07.pdf?width=1024&height=800&iframe=true](https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/eu_observatory_blockchain_in_government_services_v1_2018-12-07.pdf?width=1024&height=800&iframe=true)

----- (2018b). *Blockchain and the GDPR* [Blockchain y el GDPR]. The European Union Blockchain Observatory & Forum.

[https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/20181016\\_report\\_gdpr.pdf?width=1024&height=800&iframe=true](https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/reports/20181016_report_gdpr.pdf?width=1024&height=800&iframe=true)

----- (2019). *Blockchain and Digital Identity* [Blockchain y la Identidad Digital]. The European Union Blockchain Observatory & Forum.

[https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/report\\_identity\\_v0.9.4.pdf?width=1024&height=800&iframe=true](https://www.eublockchainforum.eu/sites/default/files/report_identity_v0.9.4.pdf?width=1024&height=800&iframe=true)

Maleh, Y., Shojafar, M., Alazab, M., & Romdhani, I. (Edits.). (2020). *Blockchain for Cybersecurity and Privacy: Architectures, Challenges, and Applications* [Blockchain para la Ciberseguridad y Privacidad: Arquitecturas, Retos y Aplicaciones]. CRC Press.

Manoj, P. (2018). *Ethereum Cookbook [Recetario de Ethereum]*. Packt Publishing.

Mapperson, J. (2021). *LBRY le replica a la SEC por su "agresiva y desastrosa" demanda de valores*. <https://es.cointelegraph.com/news/lbry-fires-back-at-sec-over-aggressive-and-disastrous-securities-complaint>

McEntaggart, K., Etienne, J., & de Paolis, S. (2020). *The Use of Emerging Technologies for Regulation: Main findings and roadmap* [El uso de las tecnologías emergentes para la regulación: Principales conclusiones y hoja de ruta]. Department for Business, Energy & Industrial Strategy, *BEIS Research Paper Number 2020/041*.

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/926585/emerging-technologies-for-regulation.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/926585/emerging-technologies-for-regulation.pdf)

McEntaggart, K., Fillet, J., Marinoiu, B., Quaresma, H., & de Paolis, S. (2020). *The Use of Emerging Technologies for Regulation: Annex 1 – Case Studies* [El uso de las tecnologías emergentes para la regulación: Anexo 1 - Estudios de casos]. Department for Business, Energy & Industrial Strategy, *BEIS Research Paper Number 2020/041*.

[https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment\\_data/file/927164/emerging-technologies-for-regulation-annex-case-studies.pdf](https://assets.publishing.service.gov.uk/government/uploads/system/uploads/attachment_data/file/927164/emerging-technologies-for-regulation-annex-case-studies.pdf)

Medhi, D., & Ramasamy, K. (2007). *Network Routing; Algorithms, Protocols, and Architectures* [Enrutamiento de la red; Algoritmos, Protocolos, y Arquitecturas]. Morgan Kaufmann.

Monetary Authority of Singapore. (2019a). *Project Ubin: Central Bank Digital Money using Distributed Ledger Technology* [Proyecto Ubin: Dinero digital del Banco Central usando Tecnología de Libro Mayor Distribuido]. <https://www.mas.gov.sg/schemes-and-initiatives/project-ubin>

----- (2019b). *MAS Helps Develop Blockchain-based Prototype for Multi-Currency Payments* [El MAS ayuda a desarrollar un prototipo basado en Blockchain para los pagos multdivisa]. <https://www.mas.gov.sg/news/media-releases/2019/mas-helps-develop-blockchain-based-prototype-for-multi-currency-payments>

----- (2019c). *Central Banks of Canada and Singapore conduct successful experiment for cross-border payments using Distributed Ledger Technology* [Los Bancos Centrales de Canadá y Singapur realizan con éxito un experimento para los pagos transfronterizos utilizando la Tecnología de Libro Mayor Distribuido]. <https://www.mas.gov.sg/news/media-releases/2019/central-banks-of-canada-and-singapore-conduct-successful-experiment-for-cross-border-payments>

- Morris, N. (2018). *IBM's Food Trust blockchain goes live with Carrefour* [La blockchain Food Trust de IBM se pone en marcha con Carrefour]. <https://www.ledgerinsights.com/ibms-food-trust-blockchain-carrefour/>
- Muzaffar, M. (2019). *Looking for love? Blockchain to the rescue* [¿Buscando el amor? Blockchain al rescate]. <https://www.ozy.com/the-new-and-the-next/can-blockchain-technology-help-you-find-that-perfect-match/96747/>
- Odiljon, A., & Gai, K. (2019). Efficiency Issues and Solutions in Blockchain: A Survey [Problemas de Eficiencia y Soluciones en Blockchain: Un Análisis]. En M. Qiu (Ed.), *Smart Blockchain: Second International Conference, SmartBlock 2019 Birmingham, UK, October 11–13, 2019 Proceedings*; Vol. 11911 Lecture Notes in Computer Science (págs. 76-86). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-34083-4\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-34083-4_8)
- Office of Communications. (2018a). *Number Portability* [Portabilidad Numérica]. <https://www.ofcom.org.uk/phones-telecoms-and-internet/information-for-industry/numbering/number-portability-info>
- (2018b). *How blockchain technology could help to manage UK telephone numbers* [Cómo la tecnología blockchain podría ayudar a gestionar los números telefónicos del Reino Unido]. <https://www.ofcom.org.uk/about-ofcom/latest/features-and-news/blockchain-technology-uk-telephone-numbers>
- (2019). *Promoting trust in telephone numbers: First Consultation* [Fomento de la confianza en los números de teléfono: Primera consulta]. [https://www.ofcom.org.uk/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0022/144265/first-consultation-promoting-trust-in-telephone-numbers.pdf](https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0022/144265/first-consultation-promoting-trust-in-telephone-numbers.pdf)
- (2020). *Ofcom's proposed Plan of Work 2020/21: Making communications work for everyone* [Plan de Trabajo propuesto por Ofcom 2020/21: Hacer que las comunicaciones funcionen para todos]. [https://www.ofcom.org.uk/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0032/188753/consultation-plan-of-work.pdf](https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0032/188753/consultation-plan-of-work.pdf)
- Office of the Telecommunications Adjudicator. (2020). *Telecommunications Adjudicator update for November 2020* [Actualización del Mediador de

- Telecomunicaciones para noviembre de 2020]. <http://www.offta.org.uk/latest-news/telecommunications-adjudicator-update-for-november-2020>
- Ordano, E., Meilich, A., Jardi, Y., & Araoz, M. (s.f.). *Decentraland White paper* [Libro blanco de Decentraland]. <https://decentraland.org/whitepaper.pdf>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos. (2012). *Estudio de la OCDE sobre políticas y regulación de telecomunicaciones en México*. OECD Publishing. <http://dx.doi.org/10.1787/9789264166790-es>
- Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos/Banco Interamericano de Desarrollo. (2016). *Políticas de banda ancha para América Latina y el Caribe: Un manual para la economía digital*. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264259027-es>
- Padilla, J. (2020). Blockchain y contratos inteligentes: aproximación a sus problemáticas y retos jurídicos. *Revista de Derecho Privado*, (39), 175-201. <https://doi.org/10.18601/01234366.n39.08>
- Pareja, A., Pedak, M., Gómez, C. & Barros, A. (2017). *La gestión de la identidad y su impacto en la economía digital*. Banco Interamericano de Desarrollo. <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/La-gesti%C3%B3n-de-la-identidad-y-su-impacto-en-la-econom%C3%ADa-digital.pdf>
- Parisi, A. (2020). *Securing Blockchain Networks like Ethereum and Hyperledger Fabric* [Protegiendo las redes Blockchain como Ethereum y Hyperledger Fabric]. Packt Publishing.
- Parrondo, L. (2018). Tecnología blockchain, una nueva era para la empresa. *Revista de Contabilidad y Dirección*, 27, 11-31. [https://accid.org/wp-content/uploads/2019/04/Tecnolog%C3%ADa\\_blockchain\\_\\_una\\_nueva\\_era\\_para\\_la\\_empresa\\_L\\_Parrondologo.pdf](https://accid.org/wp-content/uploads/2019/04/Tecnolog%C3%ADa_blockchain__una_nueva_era_para_la_empresa_L_Parrondologo.pdf)
- PricewaterhouseCoopers. (2020). *Estonia – the Digital Republic Secured by Blockchain* [Estonia - la República Digital Protegida por Blockchain]. <https://www.pwc.com/gx/en/services/legal/tech/assets/estonia-the-digital-republic-secured-by-blockchain.pdf>

- Prusty, N. (2017). *Building Blockchain Projects: Building decentralized applications with Ethereum and Solidity* [Construyendo Proyectos Blockchain: Construyendo aplicaciones descentralizadas con Ethereum y Solidity]. Packt Publishing.
- Quincy, R., Lu, S., & Huang, C. (2012). *SWOT Analysis: Raising Capacity of Your Organization* [Análisis FODA: Incrementando la capacidad de su organización]. Huamin Charity Foundation; Rutgers School of Social Work; China Philanthropy Research Institute. [https://socialwork.rutgers.edu/sites/default/files/brochure\\_2.pdf](https://socialwork.rutgers.edu/sites/default/files/brochure_2.pdf)
- Quora. (s.f.). *What is the difference between SHA-256 and Ethash algorithm?* [¿Cuál es la diferencia entre el algoritmo SHA-256 y Ethash?]. <https://www.quora.com/What-is-the-difference-between-SHA-256-and-Ethash-algorithm>
- R3. (s.f.). *Who is R3* [Quién es R3]. <https://www.r3.com/about/>
- Reytor, R. (2014). *Lo esencial en combinatoria con elementos de estadística*. Editorial Universitaria.
- Ripple. (s.f.-a). *Our Story* [Nuestra Historia]. <https://ripple.com/company>
- (s.f.-b). *Santander and Ripple Bring Faster, Cheaper Cross-Border Payments to Millions of Retail and Commercial Customers* [Santander y Ripple hacen que los pagos transfronterizos sean más rápidos y más baratos para millones de clientes minoristas y comerciales]. <https://ripple.com/customer-case-study/santander/>
- SAGipl. (s.f.). *How Much Does It Cost to Build a Blockchain Project (From Scratch)? A Complete Guide* [¿Cuánto cuesta construir un proyecto de Blockchain (desde cero)? Una Guía Completa]. <https://blog.sagipl.com/cost-to-build-a-blockchain-project/>
- Santander. (2020). *One Pay FX: blockchain para agilizar las transferencias internacionales*. <https://www.santander.com/es/stories/one-pay-fx-blockchain-para-agilizar-las-transferencias-internacionales>
- Schwab, K. (Ed.). (2019). *The Global Competitiveness Report* [Reporte sobre la Competitividad Mundial]. World Economic Forum.

[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf)

Securities and Exchange Commission. (2020). *SEC Charges Ripple and Two Executives with Conducting \$1.3 Billion Unregistered Securities Offering* [La SEC acusa a Ripple y a dos ejecutivos de realizar una oferta de valores no registrada de 1.300 millones de dólares]. <https://www.sec.gov/news/press-release/2020-338>

Sheikh, J. (2020). *Mastering Corda: Blockchain for Java Developers* [Dominando Corda: Blockchain para desarrolladores Java]. O'Reilly Media.

Simply Explained. (2017). Contratos inteligentes - explicación básica [Video]. YouTube.

<https://www.youtube.com/watch?v=ZE2HxTmxfrI&feature=youtu.be>

----- (2018). Cómo funciona una blockchain - Explicado de forma sencilla [Video]. YouTube. [https://www.youtube.com/watch?v=SSo\\_EIwHSd4](https://www.youtube.com/watch?v=SSo_EIwHSd4)

Sinclair, S. (2021). *US Government Sues Decentralized Content Platform LBRY Over \$11M in Token Sales* [El gobierno estadounidense demanda a la plataforma de contenidos descentralizados LBRY por la venta de tokens por valor de 11 millones de dólares]. <https://www.coindesk.com/sec-lbry-unregistered-securities>

Subsecretaría de Telecomunicaciones. (s.f.-a). *Portabilidad numérica*. <https://www.subtel.gob.cl/portabilidad-numerica/>

----- (s.f.-b). *Portabilidad Numérica: Preguntas Frecuentes*. <https://www.portabilidadnumerica.cl/que-es-la-portabilidad-numerica/preguntas-frecuentes/>

Superintendencia de Industria y Comercio. (2018). *Boletín Tecnológico Blockchain: La revolución de la confianza digital*. Centro de Información Tecnológica y Apoyo a la Gestión de la Propiedad Industrial (CIGEPI). (L. Silva, Coordinador).

[https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/Propiedad%20Industrial/Boletines\\_Tecnologicos/Boletin\\_Blockchain.pdf](https://www.sic.gov.co/sites/default/files/files/Propiedad%20Industrial/Boletines_Tecnologicos/Boletin_Blockchain.pdf)

- Swan, M. (2018). Blockchain for Business: Next-Generation Enterprise Artificial Intelligence Systems [Blockchain para los negocios: La próxima generación de sistemas de inteligencia artificial para empresas]. En P. Raj, & G. Chandra, (Edits.), *Advances in Computers, Blockchain Technology: Platforms, Tools and Use Cases*. (Vol. 111, págs. 121-162). Academic Press. <https://doi.org/10.1016/bs.adcom.2018.03.013>
- Tapscott, D. & Tapscott, A. (2016). *Blockchain Revolution: How the technology behind Bitcoin is changing money, business, and the world* [Revolución Blockchain: Cómo la tecnología detrás de Bitcoin está cambiando el dinero, los negocios y el mundo]. Portfolio.
- Telcordia Technologies. (2017). *Best practices for number portability success* [Mejores prácticas para el éxito de la portabilidad numérica]. <https://iconectiv.com/sites/default/files/documents/best%20practices%20for%20number%20portability%20success.pdf>
- Telecom Regulatory Authority of India. (2018). *Draft Telecommunication Mobile Number Portability (Seventh Amendment) Regulations, 2018* [Borrador del Reglamento sobre la Portabilidad Numérica Móvil (Séptima Enmienda), 2018]. <https://tra.gov.in/sites/default/files/DRegulation7thAmd25092018.pdf>
- Thakkar, P., Nathan, S., & Viswanathan, B. (2018). Performance Benchmarking and Optimizing Hyperledger Fabric Blockchain Platform [Evaluación comparativa del rendimiento y optimización de la plataforma blockchain Hyperledger Fabric]. *2018 IEEE 26th International Symposium on Modeling, Analysis, and Simulation of Computer and Telecommunication Systems (MASCOTS)* (págs. 264-276), Milwaukee, Wisconsin, Estados Unidos de América. doi: 10.1109/MASCOTS.2018.00034
- Thomas, M., Singh, A., Vora, J., Marchi, L., Mangla, U., Alexander, M., & Prasad, S. (2019). *Improving key Telecommunications and Media & Entertainment (TME) industry business processes using Blockchain* [Mejorando los procesos de negocio clave de la industria de las Telecomunicaciones y Medios de Comunicación y Entretenimiento (TME) utilizando Blockchain].

- IBM. <https://developer.ibm.com/technologies/blockchain/articles/blockchain-telco-media-entertainment-tme-industry-part2/>
- Upadhyay, N. (2019). *UnBlock the Blockchain* [Desbloquear la Blockchain]. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-981-15-0177-7>
- Valdeolmillos, D., Mezquita, Y., González-Briones, A., Prieto, J., & Corchado, J. (2020). Blockchain Technology: A Review of the Current Challenges of Cryptocurrency [Tecnología Blockchain: Un Repaso a los Retos Actuales de la Criptomoneda]. En J. Prieto, K. Ashok, S. Ferretti, A. Pinto, & J. Corchado (Edits.), *Blockchain and Applications: International Congress* (Vol. 1010, págs. 153-160). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-23813-1\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-23813-1_19)
- Valenta, M., & Sandner, P. (2017). *FSBC Working Paper: Comparison of Ethereum, Hyperledger Fabric and Corda* [Documento de trabajo del FSBC: Comparación de Ethereum, Hyperledger Fabric y Corda]. Frankfurt School Blockchain Center. [http://www.smallake.kr/wp-content/uploads/2017/07/2017\\_Comparison-of-Ethereum-Hyperledger-Corda.pdf](http://www.smallake.kr/wp-content/uploads/2017/07/2017_Comparison-of-Ethereum-Hyperledger-Corda.pdf)
- Van Hijfte, S. (2020). *Blockchain Platforms: A look at the Underbelly of Distributed Platforms* [Plataformas Blockchain: Una mirada al Interior de las Plataformas Distribuidas]. Morgan & Claypool. doi:10.2200/S01022ED1V01Y202006CSL011
- Wright, A., & De Filippi, P. (2015). Decentralized Blockchain Technology and the Rise of Lex Cryptographia [Tecnología Blockchain Descentralizada y el auge de la Lex Cryptographia]. <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2580664>
- Wüst, K., & Gervais, A. (2018). Do you Need a Blockchain? [¿Necesitas una Blockchain?]. *2018 Crypto Valley Conference on Blockchain Technology (CVCBT)* (págs. 45-54), Zug, Suiza. doi:10.1109/CVCBT.2018.00011
- Yaga, D., Mell, P., Roby, N., & Scarfone, K. (2018). *NISTIR 8202: Blockchain Technology Overview* [NISTIR 8202: Panorama de la tecnología Blockchain]. National Institute of Standards and Technology (NIST), U.S. Department of Commerce. <https://doi.org/10.6028/NIST.IR.8202>

## Recursos Jurídicos

ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite "El Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y la modificación a las Reglas de Portabilidad Numérica, publicadas el 12 de noviembre de 2014" (Continúa en la Tercera Sección). Diario Oficial de la Federación [DOF] (2018). [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5522388&fecha=11/05/2018](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5522388&fecha=11/05/2018)

ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones aprueba y emite los Lineamientos de Consulta Pública y Análisis de Impacto Regulatorio del Instituto Federal de Telecomunicaciones. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2017). [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5503960&fecha=08/11/2017](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5503960&fecha=08/11/2017)

ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones emite las Reglas de Portabilidad Numérica y modifica el Plan Técnico Fundamental de Numeración, el Plan Técnico Fundamental de Señalización y las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2014). [http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5368027&fecha=12/11/2014](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5368027&fecha=12/11/2014)

ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones modifica las Reglas de Portabilidad Numérica. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2019). [https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5576708&fecha=28/10/2019](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5576708&fecha=28/10/2019)

ACUERDO mediante el cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones modifica las Reglas de Portabilidad Numérica publicadas el 12 de noviembre de 2014, así como el Plan Técnico Fundamental de Numeración publicado el 21 de junio de 1996. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2015).

[http://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5397621&fecha=23/06/2015](http://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5397621&fecha=23/06/2015)

Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos. art. 16. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2020).

Decreto 16: Reglamento que establece el procedimiento de licitación para designar al Organismo Administrador de la Portabilidad Numérica y todos los aspectos relativos a su instalación, organización, funcionamiento y condiciones económicas respecto de las transacciones asociadas a la portabilidad. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile [BCN] (2011). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1023976>

Decreto 379: Reglamento que establece las obligaciones para el adecuado funcionamiento del sistema de portabilidad de números telefónicos. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile [BCN] (2010). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1023977>

Especificación Técnica de los Procedimientos Administrativos para la Conservación de la Numeración Geográfica y de Servicios de Tarifas Especiales y de Numeración Personal en caso de Cambio de Operador (Portabilidad Fija). (2015). [https://www.cnmc.es/sites/default/files/2776258\\_8.pdf](https://www.cnmc.es/sites/default/files/2776258_8.pdf)

Especificación Técnica de los Procedimientos Administrativos para la Conservación de Numeración Móvil en caso de Cambio de Operador (Portabilidad Móvil): (Modelo Centralizado). (2017). [https://www.cnmc.es/sites/default/files/editor\\_contenidos/Notas%20de%20prensa/2017/Especificacion%20Final.pdf](https://www.cnmc.es/sites/default/files/editor_contenidos/Notas%20de%20prensa/2017/Especificacion%20Final.pdf)

General Conditions of Entitlement: Unofficial consolidated version. (2021). [https://www.ofcom.org.uk/\\_\\_data/assets/pdf\\_file/0021/112692/Consolidated-General-Conditions.pdf](https://www.ofcom.org.uk/__data/assets/pdf_file/0021/112692/Consolidated-General-Conditions.pdf)

Ley 9/2014, de 9 de mayo, General de Telecomunicaciones. Boletín Oficial del Estado [BOE] (2014). <https://www.boe.es/buscar/pdf/2014/BOE-A-2014-4950-consolidado.pdf>

- Ley 32/2003, de 3 de noviembre, General de Telecomunicaciones. Boletín Oficial del Estado [BOE] (2003). <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2003-20253>
- Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2010). <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFPDPPP.pdf>
- Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión [LFTR]. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2021). [http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTR\\_200521.pdf](http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LFTR_200521.pdf)
- Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados [LGPDPSSO]. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2017). <http://www.diputados.gob.mx/LeyesBiblio/pdf/LGPDPPSO.pdf>
- Ley Núm. 20.471 Crea Organismo Implementador para la Portabilidad Numérica. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile [BCN] (2010). <https://www.bcn.cl/leychile/navegar?idNorma=1020620>
- Ley General de las Telecomunicaciones No. 153-98. Gaceta Oficial (1998). <https://indotel.gob.do/media/5132/ley-no-153-98.pdf>
- Ley No. 1245 Por medio de la cual se establece la obligación de implementar la portabilidad numérica y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial (2008). [https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normatividad/Ley\\_1245.pdf](https://colaboracion.dnp.gov.co/CDT/Normatividad/Ley_1245.pdf)
- Ley Orgánica de Telecomunicaciones. Registro Oficial (2015). <https://www.telecomunicaciones.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/05/Ley-Org%C3%A1nica-de-Telecomunicaciones.pdf>
- Reglamento (UE) 2016/679 del Parlamento Europeo y del Consejo de 27 de abril de 2016 relativo a la protección de las personas físicas en lo que respecta al tratamiento de datos personales y a la libre circulación de estos datos y por el que se deroga la Directiva 95/46/CE (Reglamento general de protección de datos). Diario Oficial de la Unión Europea [DOUE] (2016). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32016R0679&from=ES>

Resolución del CONATEL 448: Reglamento para la aplicación de la portabilidad numérica en la telefonía móvil. Registro Oficial (2008).  
<https://www.arcotel.gob.ec/wp-content/uploads/2016/02/reglamento-de-portabilidad-numerica.pdf>

Resolución mediante la cual el Pleno del Instituto Federal de Telecomunicaciones resuelve el desacuerdo sobre la elección de la empresa que fungirá como Administrador de la Base de Datos de portabilidad en México. (2018).  
<http://www.ift.org.mx/sites/default/files/conocenos/pleno/sesiones/acuerdologia/vppift310818537.pdf>

Resolución N° ARCOTEL-2019-0006 Expídese la Norma Técnica de Portabilidad Móvil. Registro Oficial (2019).  
[https://www.portabilidadnumericaecuador.com/wp-content/uploads/downloads/files/Edicion\\_Especial\\_\\_No\\_737\\_RO.pdf](https://www.portabilidadnumericaecuador.com/wp-content/uploads/downloads/files/Edicion_Especial__No_737_RO.pdf)

Resolución No. 015-09 Que dispone la modificación de los numerales 6 y 7 de las Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas que regirán la Portabilidad Numérica en el país, aprobadas mediante la Resolución No. 065-08 del Consejo Directivo del INDOTEL, y otras medidas. (2009).  
<https://transparencia.indotel.gob.do/media/6846/res015-09.pdf>

Resolución No. 015-15 Que aprueba las modificaciones al Reglamento General de Portabilidad Numérica y las Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas para la Portabilidad Numérica en la República Dominicana. (2015).  
<https://indotel.gob.do/media/6265/3-resoluci%C3%B3n-no-015-15.pdf>

Resolución No. 080-09 Que decide la recuperación de los costos de inversión de adecuaciones de redes y sistemas para hacer operativa la portabilidad numérica de las prestadoras de servicios públicos de telecomunicaciones. (2009).  
<https://www.indotel.gob.do/media/6909/res080-09.pdf>

Resolución No. 092-09 Que aprueba la modificación de los numerales 6 y 7 de las Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas que regirán la Portabilidad Numérica en el País, aprobadas mediante la Resolución No.

- 065-08 del Consejo Directivo del INDOTEL. (2009).  
<https://transparencia.indotel.gob.do/media/6921/res092-09.pdf>
- Resolución No. 2355 Por la cual se establecen las condiciones para la implementación y operación de la Portabilidad Numérica para telefonía móvil en Colombia. (2010).  
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=38866&dt=S>
- Resolución No. 5050 Por la cual se compilan las Resoluciones de Carácter General vigentes expedidas por la Comisión de Regulación de Comunicaciones. Diario Oficial (2016).  
<https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=70820&dt=S>
- Resolución 5111 Por la cual se establece el Régimen de Protección de los Derechos de los Usuarios de Servicios de Comunicaciones, se modifica el Capítulo 1 del Título II de la Resolución CRC 5050 de 2016 y se dictan otras disposiciones. Diario Oficial (2017).  
[https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-62266\\_doc\\_norma.pdf](https://colombiatic.mintic.gov.co/679/articles-62266_doc_norma.pdf)
- Resolución 5929 Por la cual se modifican algunas disposiciones del régimen de Portabilidad Numérica Móvil y se deroga la compensación automática por deficiencias en la prestación del servicio de voz a través de redes móviles. Diario Oficial (2020).  
[https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion\\_crc\\_5929\\_2020.htm](https://normograma.mintic.gov.co/mintic/docs/resolucion_crc_5929_2020.htm)
- Resolución No. 065-08 Que modifica los artículos 4.2 y 5.3 del Reglamento General de Portabilidad Numérica y aprueba las Especificaciones Técnicas de Red y Administrativas Establecidas en el indicado Reglamento. (2008).  
<https://transparencia.indotel.gob.do/media/7154/res065-08.pdf>
- Resolución No. 156-06 Que aprueba el Reglamento General de Portabilidad Numérica. (2006). <https://transparencia.indotel.gob.do/media/7892/res156-06.pdf>
- Resolución No. 5586 Por la cual se eliminan normas en desuso del marco regulatorio expedido por la Comisión de Regulación de Comunicaciones.

Diario Oficial (2019).

[https://normograma.info/crc/docs/resolucion\\_crc\\_5586\\_2019.htm](https://normograma.info/crc/docs/resolucion_crc_5586_2019.htm)

Resolución por la que el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones emite las especificaciones operativas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2008).

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5028752&fecha=21/01/2008](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5028752&fecha=21/01/2008)

Resolución por la que el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones emite las especificaciones técnicas para la implantación de portabilidad de números geográficos y no geográficos. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2007).

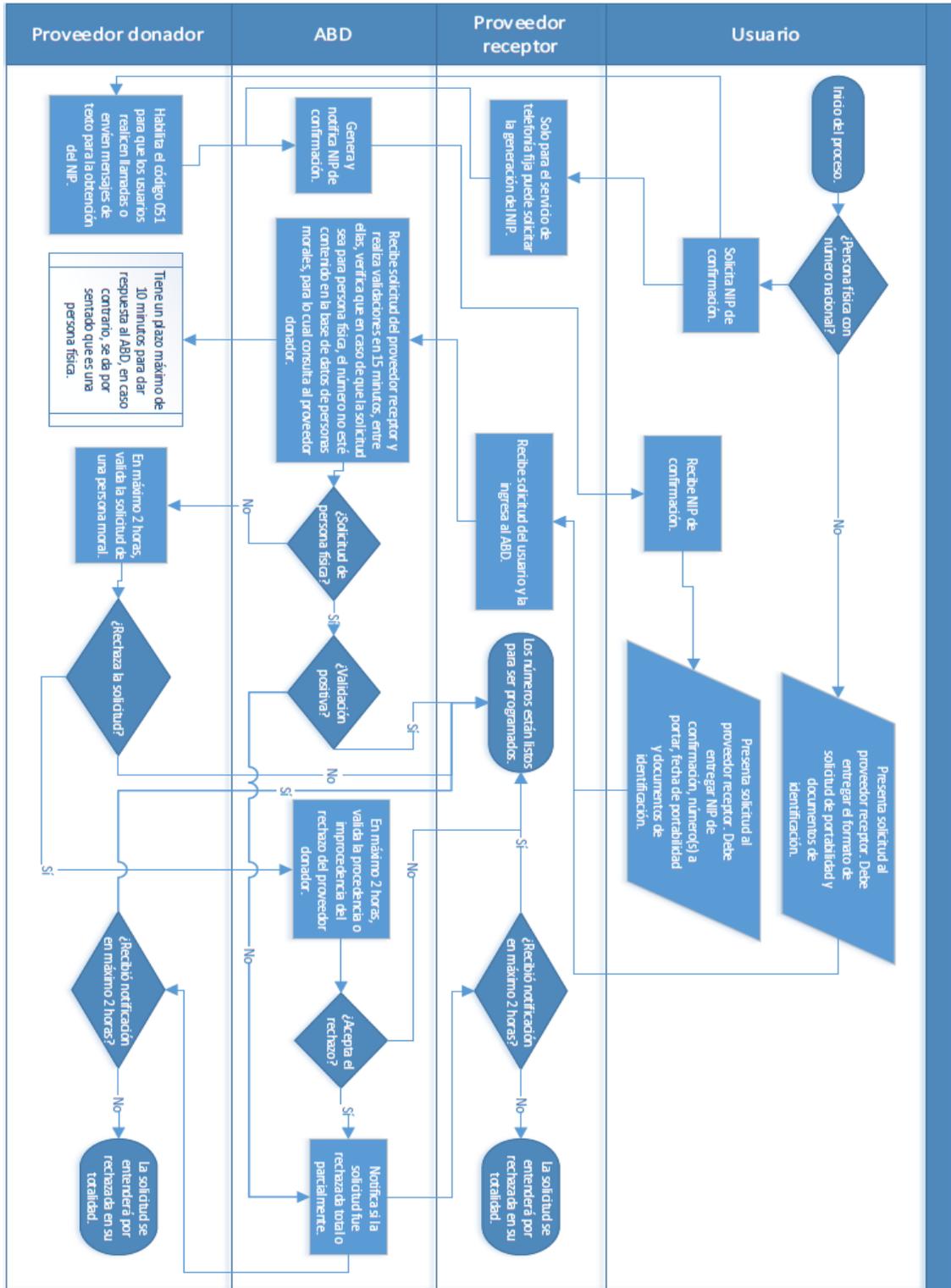
[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=5008080&fecha=28/11/2007](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5008080&fecha=28/11/2007)

Resolución por la que el Pleno de la Comisión Federal de Telecomunicaciones, establece las reglas para implantar la portabilidad de números geográficos y no geográficos. Diario Oficial de la Federación [DOF] (2007).

[https://www.dof.gob.mx/nota\\_detalle.php?codigo=4990175&fecha=12/06/2007](https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4990175&fecha=12/06/2007)

# ANEXOS

Proceso general de portabilidad numérica



Fuente: Elaboración propia con información de las reglas de portabilidad numérica del IFT emitidas en 2014 y sus modificaciones de 2015, 2018 y 2019.

## Índice de términos

### “A”

ABD5, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 45, 46, 102, 103, 106, 109, 116, 120, 121, 123, 125, 126, 127, 128, 130, 132, 134, 136, 137, 139, 140, 141  
ACQ3, 4, 6, 19, 31, 34, 39, 42, 44, 46, 55, 56, 57, 102, 136  
Administrador de la Base de Datos ..... Véase ABD  
All Call Query ..... Véase ACQ

### “B”

Bitcoin ..... 72, 73, 95, 97, 105  
*blockchains* con permiso65, 66, 69, 72, 80, 81, 84, 108, 128, 129, 133, 138  
*blockchains* sin permiso65, 66, 68, 72, 78, 80, 81, 82, 83, 99, 105  
bloque8, 59, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 68, 69, 73, 79, 84, 93, 108, 109, 111, 117, 132, 137

### “C”

Call Dropback/Return to Pivot .. Véase CD/RtP  
cancelación79, 83, 101, 111, 112, 128  
CD/RtP ..... 3  
clave privada 64, 65, 77, 83, 130, 142  
clave pública..... 64, 65, 74, 94  
comercializadoras14, 105, 106, 129, 135  
concesionarios5, 14, 20, 105, 120, 129, 135  
consenso9, 59, 62, 63, 66, 67, 69, 70, 73, 74, 75, 80, 99, 126, 132, 133, 137, 139

contratos inteligentes9, 51, 69, 70, 71, 72, 75, 76, 77, 81, 84, 87, 91, 94, 100, 109, 110, 113, 120, 125, 128, 130, 132, 133, 139, 141, 142  
Corda ..... 72, 75, 99, 105  
costo4, 13, 35, 39, 42, 43, 47, 53, 56, 86, 109, 120, 121, 122, 124, 135, 136, 140  
criptografía asimétrica ..... 59, 64  
criptográficamente..... 59, 63, 69  
criptomoneda65, 66, 72, 73, 75, 81, 82, 83, 97, 100, 105, 126, 133, 138

### “D”

datos personales10, 76, 77, 78, 79, 80, 82, 83, 84, 89, 101, 110, 111, 112, 113, 114, 128, 131, 134, 140  
derecho10, 14, 17, 18, 19, 21, 32, 35, 38, 40, 41, 48, 49, 51, 52, 53, 66, 68, 76, 78, 79, 83, 101, 104, 110, 111, 116, 121, 127, 128, 131, 139, 140  
descentralizada62, 65, 71, 72, 78, 80, 81, 86, 87, 89, 90, 92, 95, 98, 99, 131  
distribuida59, 62, 65, 67, 80, 99, 115, 116, 125, 132, 133, 134  
Distributed Ledger Technology Véase DLT  
DLT .....6, 8, 50, 83, 93, 100, 111, 137  
documentos de identificación21, 22, 27, 69, 110, 111, 112, 115, 128, 131, 140

### “E”

enrutamiento2, 3, 4, 5, 6, 19, 31, 34, 35, 37, 44, 46, 49, 52, 54, 55, 57, 102, 112, 119, 125, 132, 136  
Ethereum.. 70, 72, 73, 91, 93, 94, 105

## “H”

hash8, 60, 63, 64, 67, 77, 94, 113, 114, 115

Hyperledger Fabric70, 72, 74, 75, 99, 101, 105, 109, 113, 126, 127, 131, 132, 138

## “I”

inmutabilidad10, 51, 64, 71, 79, 83, 84, 128, 140

inmutable8, 63, 67, 99, 100, 112, 115, 126, 131, 132, 138

integridad5, 8, 9, 20, 26, 33, 35, 45, 46, 90, 95, 100, 112

## “L”

Ley Federal de Protección de Datos Personales en Posesión de los Particulares ..... Véase LFPDPPP

Ley Federal de Telecomunicaciones y Radiodifusión ..... Véase LFTR

Ley General de Protección de Datos Personales en Posesión de Sujetos Obligados ..... Véase LGPDPPSO

LFPDPPP79, 110, 111, 112, 128, 131

LFTR ..... 13, 14, 106, 115

LGPDPPSO ..... 79

libro mayor6, 7, 50, 52, 59, 60, 62, 63, 67, 69, 70, 74, 75, 78, 80, 91, 93, 94, 105, 106, 117, 126, 132, 133, 134, 138, 139

## “M”

modelos de consenso66, 67, 68, 73, 74, 81, 82, 83, 84, 99, 108, 117, 125, 126, 127, 131, 137, 138

## “N”

NIP 21, 22, 27, 33, 102, 109, 110, 130

nodo55, 59, 61, 62, 63, 65, 66, 67, 68, 81, 82, 84, 105, 108, 113, 114, 124, 133, 137

Número de identificación personal ..... Véase NIP

## “O”

Onward Routing ..... Véase OR  
OR ..... 2, 3, 49, 52, 57  
oráculos ..... 70, 110, 130, 133, 142

## “P”

PoA67, 74, 99, 108, 117, 126, 127, 131, 138

PoC ..... 52, 87

Pol ..... 68, 131, 138

portabilidad de localización 1, 21, 135

portabilidad de proveedor de servicios ..... 1, 135

portabilidad de servicio ..... 1, 21

PoS ..... 67, 69, 100, 108, 137

PoW67, 68, 69, 72, 73, 83, 100, 108, 137, 138

privacidad7, 10, 66, 77, 78, 80, 82, 83, 88, 96, 101, 126, 137, 140

Proof of Authority ..... Véase PoA

Proof of Concept ..... Véase PoC

Proof of Identity ..... Véase Pol

Proof of Stake ..... Véase PoS

Proof of Work ..... Véase PoW

protección10, 76, 78, 79, 83, 88, 94, 101, 110, 113, 134, 140

proveedor asignatario. 2, 3, 4, 57, 136

Proveedor de Servicios de Telecomunicaciones ..... Véase PST

proveedor donador20, 23, 25, 27, 28, 31, 48, 52, 102, 103, 105, 106, 109, 110, 116, 117, 122, 135, 136, 137, 138

proveedor receptor20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 31, 45, 47, 48, 49, 53, 102,

105, 106, 109, 110, 111, 116, 117,  
135, 138, 139  
PST5, 6, 8, 13, 18, 20, 21, 25, 28, 29,  
31, 105, 106, 108, 111, 117, 121,  
122, 123, 132, 135, 137, 139, 142

## “Q”

QoR..... 3  
Query on Release ..... Véase QoR

## “R”

rectificación78, 79, 83, 101, 111, 112,  
128  
robusto ..... 9, 81, 99, 125, 132, 139

## “S”

sistema centralizado6, 8, 117, 118,  
124, 128, 130, 134, 136, 140  
sistema distribuido..... 67, 124

## “T”

tecnología *blockchain*9, 10, 35, 39, 43,  
47, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 57, 58, 62,  
63, 64, 73, 76, 80, 85, 86, 87, 90, 92,  
93, 94, 96, 99, 100, 103, 111, 112,  
115, 125, 130, 142  
transacción34, 61, 62, 63, 69, 72, 73,  
74, 75, 76, 79, 81, 82, 94, 95, 101,  
105, 117, 123, 124, 126, 132  
transacciones por segundo72, 73, 75,  
118, 119, 133, 140

## “V”

validación9, 22, 23, 27, 28, 48, 52, 55,  
56, 59, 61, 62, 67, 73, 86, 96, 102,  
103, 116, 123, 128, 132, 136, 137,  
139