

Perspectiva de un cuidado integral de la salud soportado en *Blockchain* e *IoT**

Roberto Albeiro Pava Díaz¹ and José Nelson Perez Castillo¹

Universidad Distrital "Francisco José de Caldas", Bogotá D.C, Colombia
{rapavad,jnperezc}@udistrital.edu.co
<http://www.udistrital.edu.co>

Resumen Actualmente la medicina se está centrando en el paciente y se refleja en el modelo "P6: *Personalizada, Predictiva, Preventiva, Participativa, Psico-cognitiva, Pública*" de atención integral para la salud. Éste requiere la generación de escenarios que permitan compartir y procesar información médica, de forma segura, interoperable y trazable. Por otro lado, *Blockchain* ha sido catalogada como una de las tecnologías con mayor grado disruptivo en la última década; desde sus inicios en el año 2008 ha impactado el sector financiero, económico y legal con la creación de las criptomonedas; y ha generado interés tanto en el sector académico como en el productivo, aplicado en: registro y certificado de documentos, identificación de individuos, sistema de votación electrónicas, entre otras. *Blockchain* junto con *IoT* se perfila como uno de los soportes tecnológicos fundamentales para el cuidado de la salud. El documento se estructura en tres secciones: en la primera se realiza una introducción a *Blockchain*, en la segunda se ilustra la interacción entre el Modelo P6 y *Blockchain*, y su aplicación junto con *IoT* en la salud, y finalmente se presentan las conclusiones de la adaptación de *IoT* y *Blockchain* en el cuidado de la salud.

Keywords: *Blockchain* · *IoT* · Salud

1. INTRODUCCIÓN

Blockchain inicia en el año 2008 con la descripción de un sistema de dinero electrónico denominado *bitcoin*, implementado en una red distribuida y descentralizada que da solución al problema del doble gasto [25]. *Blockchain* ha generado impacto en nuestra sociedad puesto que evidenció la posibilidad de crear escenarios en los cuales no se requiere un entorno centralizado basado en un tercero de confianza, quién es responsable de garantizar la integridad de la información[1]. En sus inicios *Blockchain* se utilizó para la creación de criptomonedas (Actualmente existen más de dos mil (2000) en *coinmarketcap* [9]); y se ha ampliado su campo de acción a problemas como: certificación de documentos, votaciones, cadena de suministro y logística, identificación, gobernabilidad y salud [27].

* Universidad Distrital "Francisco José de Caldas"

1.1. ASPECTOS GENERALES DE *BLOCKCHAIN*

Blockchain se define como un registro de datos distribuido y descentralizado que conserva la totalidad de las transacciones generadas por un grupo de participantes, y que son almacenadas en bloques enlazados secuencialmente. Las transacciones son validadas mediante la aplicación de un protocolo de consenso entre los miembros de la red, antes de ser registradas en la *Blockchain* mediante la adición de una nueva unidad denominada bloque; y una vez se ha agregado, se enlaza en la cadena y no podrá ser eliminado o modificado [3].

Las características de una *Blockchain* son:

- **Privacidad:** El diseño permitirá un anonimato parcial o total en la realización de las transacciones. Así mismo, es posible asignar permisos a los nodos en tres (3) configuraciones: Pública -Todos los participantes pueden leer, validar y agregar bloques-, Consortio -Un subconjunto de participantes tienen el rol para validar y agregar bloques, con lectura de información pública- y Privada -Dispone de un control de permisos centralizado, que asigna los nodos y sus permisos de forma controlada-.

Por ejemplo, la red de *bitcoin* es una *Blockchain* pública por lo cual se pueden adicionar nodos libremente y es posible realizar la trazabilidad completa de las transacciones, y en caso de conocer el propietario de una llave pública, se tendrá la asociación entre usuario y transacciones[11].

- **Escalabilidad:** Por su naturaleza de sistema distribuido y descentralizado, la escalabilidad de la red medida en el número de transacciones por segundo (TPS) está dada por el algoritmo de consenso implementado en la *Blockchain*. Por ejemplo, *bitcoin* soporta 7, *Ethereum* 15, *Litecoin* 56, *bitcoin Cash* 60 y *Ripple* 1500 [13].

	TPS	TWh (Año)	país referencia	KWh (Trans)	Costo (USD)		
					Min	Max	Actual
<i>bitcoin</i>	7	48.74	Singapore	394	0	147	19
<i>Ethereum</i>	15	8.93	Ethiopia	47	0.0566	5.528	0.0908

Cuadro 1: Datos de funcionamiento de las *Blockchain* de *bitcoin* y *Ethereum* [40,5]

En la Tabla 1 se realiza una comparación entre el funcionamiento de las *Blockchain* de *bitcoin* y *Ethereum*, determinada por el número de transacciones, la cantidad de energía eléctrica consumida y el costo de confirmar un bloque. Éstas dos (2) *Blockchain* han sido las de mayor interacción, y han presentado problemas de escalabilidad llegando a niveles de consumo de energía eléctrica similares a los de un país, con elevadas tasas de comisión por transacción. *bitcoin* inicio con cero (0) USD de comisión por transacción y llegó a un histórico máximo de 147 USD el 24-diciembre-2017.

- **Gobernanza:** La transición de entornos centralizados a ambientes descentralizados; por ejemplo, el cambio de un sistema financiero controlado por los bancos a un sistema financiero autogestionado por la comunidad, elimina los riesgos generados por un control y presión que se puedan ejercer

de forma directa sobre el sistema, pero demanda la modificación de políticas de gestión al interior de las instituciones, y a la adaptación de marcos metodológicos de gestión corporativa, que permitan la selección del tipo de *Blockchain* conforme a las características de la organización [39,17].

- **Sistema de consenso:** Determina el mecanismo por el cual se garantiza la integridad de la información almacenada en la *Blockchain*, permite a los nodos de la red validar las transacciones y conservar un historial único con el objeto de prevenir un fraude en la cadena de bloques [44,32,14,4]. En la Tabla 2 se presentan los algoritmos de consenso con un conjunto de casos de aplicación.

Algoritmo de Consenso	Implementado en
Proof of Work (PoW)	Bitcoin, Ethereum, Litecoin, Bitcoin Cash
Proof of Stake (PoS)	PIVX, Bitmoney, Blackcoin
Delegate proof of stake (DPoS)	Bitshares, Cardano, Stratis, EOS
Leased Proof of Stake (LPoS)	Waves, NIX
Proof of Authority (PoA)	Ethereum's Kovan testnet
Proof of Existence (PoE)	Silent Notary, Po.et
Byzantine Fault Tolerance (BFT)	Hyperledger Fabric
Delegated Byzantine Fault Tolerance (dBFT)	Neo
Practical Byzantine Fault Tolerance (pBFT)	Hyperledger
Proof of Importance (PoI)	Nem
Proof of Brain (PoB)	Steem
Proof of Elapsed Time (PoET)	Hyperledger Sawtooth
Proof of Burn	Slimcoin, Counterparty, Factom
Proof of Capacity (PoC) Proof of Space (PoSpace)	Burstcoin, SpaceMint, Chia
Direct Acyclic Graphs (DAGs)	Iota
Ripple Protocol Consensus Algorithm	Ripple

Cuadro 2: Algoritmos de Consenso implementados en *Blockchain*

2. Cuidado de la Salud

La organización mundial de la salud (*OMS*) define la salud como un estado de bienestar completo dado en tres (3) dimensiones: física, mental y social. Igualmente la concibe como un derecho fundamental de los individuos, y un requisito indispensable para una sociedad segura y en paz. La responsabilidad del cuidado de la salud concierne y afecta a todos los pueblos del mundo, y requiere de un trabajo mancomunado que permita la transferencia de conocimientos y aplicación de buenas prácticas para la toma de decisiones referentes a salud pública y personal [43].

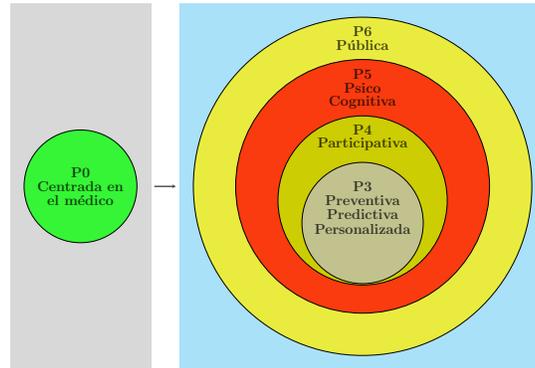


Figura 1: Evolución del modelo de atención en salud. A la izquierda se presenta el modelo tradicional de medicina reactiva $P0$ centrada en el médico, y a la derecha se ilustra la transición iterativa hacia el modelo $P6$ centrado en el paciente.

Ésta concepción del cuidado de la salud está generando una transformación del modelo de atención, pasando de un esquema centrado en el médico ($P0$) a un entorno orientado al paciente ($P6$), el cual se basa en seis (6) características: Un sistema de salud con información **pública** e interoperable entre los diferentes actores, que permita mayor **participación** del paciente en su tratamiento (atención centrada en el paciente), y con facilidades de apoyo **psico-cognitivo** de la comunidad, enfocando el sistema de salud en un medicina **preventiva, predictiva y personalizada**. En la Figura 1 se ilustra la evolución de los modelos de atención, partiendo desde $P0$, con un esquema incremental hasta obtener a $P6$ [7,26].

La implementación del modelo $P6$ implica cambios en la gestión del cuidado de la salud con un comportamiento adicional de los actores para un generar un entorno con información compartida. En este contexto *Blockchain* e *IoT* emergen como un soporte tecnológico que posibilitan la prestación del servicio orientado al paciente [20], con una asertiva auditoría de los eventos de atención y prescripción de medicamentos, facilitando la ubicuidad de la información médica, con recolección de datos médicos del paciente de forma automática, mecanismos de autorización para la visualización de datos clínicos de forma controlada, y posibilidades de información anónima que faciliten compartir la historia clínica y participar en investigaciones médicas. En la Figura 2 se presenta un diagrama conceptual de *Blockchain*, *IoT* y el modelo de atención en salud $P6$.

2.1. Blockchain en el sector salud

Blockchain se ha aplicado principalmente en dos (2) áreas: (1) registro electrónico de historial médico con métodos de acceso para compartir información, y (2) verificación sobre la cadena logística relacionada con la industria farmacéutica [23].

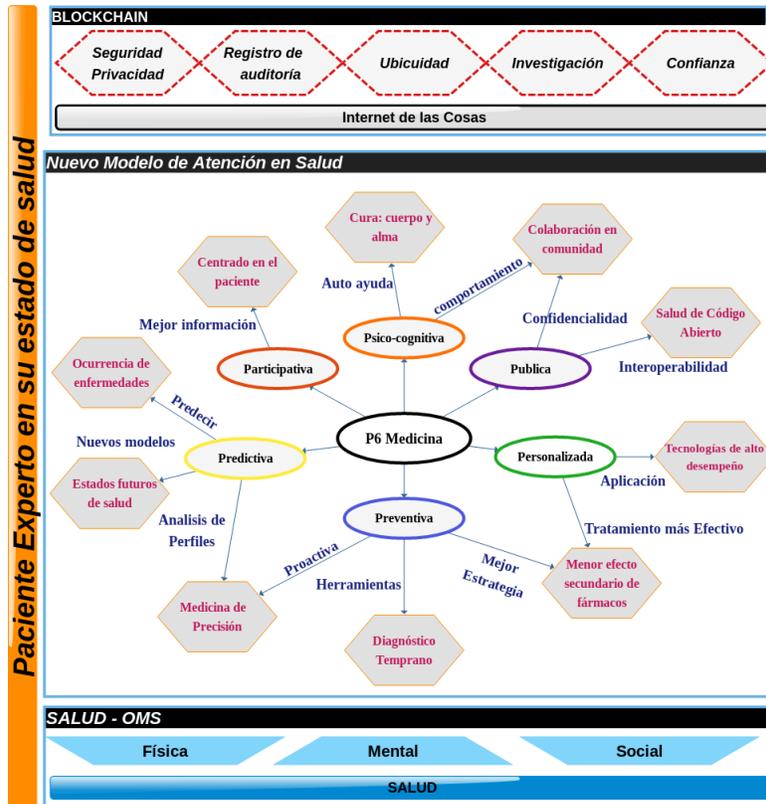


Figura 2: Se presentan tres (3) secciones: (1) *Blockchain e IoT*: Características de *Blockchain* como soporte tecnológico para el modelo *P6* con datos confiables y verificables, que se acceden y comparten de forma segura y privada en los procesos de atención, investigación y socialización, además de facilitar la integración segura de *MIoT* al sistema. (2) Modelo de medicina *P6*: Sintetiza las ventajas de un modelo de atención centrado en el paciente que permite una medicina de precisión. (3) Salud: Enmarca la definición de la salud en las tres dimensiones definidas por la *OMS* y resalta la idea de paciente experto.

2.2. Registros médicos electrónicos

Los sistemas de gestión de información médica (*Electronic Health Records -EHRs-*) no serán sustituidos por *Blockchain* sino que serán adaptados para incorporar las ventajas que ofrece esta tecnología [30]. A continuación se describen las características que potenciará *Blockchain* en un *EHR*[24,34]. El caso más representativo es el sistema de salud de Estonia soportado en *Blockchain* junto con un proceso de identidad personal. En ésta *Blockchain* interactúan los ciudadanos, los prestadores de salud y las empresas aseguradoras del sector, y lleva un registro de todas las acciones (consulta y actualización) que se realicen sobre los registros médicos [28,15].

- ***Acceso seguro a los datos:*** Agrega una capa de seguridad que permitirá una identidad auto-soberana de usuarios. Ésta identidad anónima facilitará la colaboración de los pacientes en investigación, la expedición de seguros médicos en un entorno confiable y la corroboración de resultados de ensayos clínicos e investigaciones.
- ***Intercambio de Información Médica:*** La integración de la información médica que se encuentra en las bases de datos centralizadas de los prestadores de salud permitirá un entorno interoperable para la construcción de un historial clínico único del paciente, que facilitará la interacción entre médicos, especialistas, terapeutas y farmacias; independiente del sitio donde se realice la atención [29]. Un diagnóstico colaborativo es posible en un entorno con acceso a la información descentralizada, donde los especialistas médicos puedan trabajar conjuntamente para generar un consenso sobre el estado de salud de un paciente basado en la evidencia médica registrada en su historia clínica, información de la literatura científica y las bases de datos biológicas[35].

Casos de aplicación de *Blockchain* en *EHR*

- ***Healthbank:*** es un proyecto suizo que se enfoca en la construcción de un sistema de intercambio de información bajo el estándar de seguridad suizo, que permite compartir datos con médicos, centros de atención, familiares o público en general; y realizar transacciones sobre éstos, con el objeto de conformar una red de investigación en el área de la salud. El diseño de sistema permitirá la lectura de datos de múltiples orígenes y formatos médicos. [19].
- ***Gem Health Network:*** es un sistema de historial de salud implementado en una *Blockchain* tipo *Ethereum* [12], para la consulta de información médica actualizada entre un conjunto especialistas. Este tipo de *Blockchain* es un factor clave para reducir problemas de negligencia médica por información incompleta, puesto que pondrá a disposición del personal médico todos los datos relacionados con episodios de salud del paciente [24].
- ***MedRec:*** Fue diseñado para realizar una integración con los sistemas de información desplegados en cada uno de los prestadores de salud, con el objetivo de servir para la investigación médica [10]. Se divide en cinco (5) componentes: (1)Sistema *Blockchain*: se usa como capa intermedia que registra y valida los usuarios (Pacientes, Médicos, Centros de atención en salud), y la lectura de los repositorios médicos alojados en cada institución. El acceso y flujo de la información se controla mediante tres (3) contratos inteligentes: Contrato de registro de identidad (*RC*), Contrato de interacción paciente-proveedor (*PPR*) y Contrato de sincronización historial médico *SSC*; (2)Librería *Backend*: conjunto de librerías que abstrae la comunicación con la *Blockchain* e interacción con el cliente *Ethereum*; (3)Cliente *Ethereum*: nodo *Ethereum* completo que se sincroniza con las bases de datos alojadas en los prestadores de salud. Realiza una prueba de trabajo con un incentivo a los mineros mediante el acceso a datos médicos

anónimos; (4)Controlador de la base de datos: Define una interfaz de comunicación con las bases de datos locales de los proveedores según los permisos establecidos en la *Blockchain*; y (5)Administrador EHR: el historial médico del paciente se encuentra distribuidos entre todos sus prestadores de salud. El éxito de la interoperabilidad dependerá de la aplicación de estándares para el intercambio de información en salud como *Fast Healthcare Interoperability Resources*-[18].

2.3. Internet de la cosas y Blockchain en Salud

El uso de *Medical IoT -MIoT-* se ha incrementado en los últimos años con un pronóstico de ventas de USD 538 millones para el periodo 2018 – 2022 [36]. Éstos sensores generan información sensible por lo que demandan de procesos de comunicación confiables y seguros para preservar la protección de los datos clínicos, y facilitar la administración de los mismos y su registro en el historial médico del paciente[38].

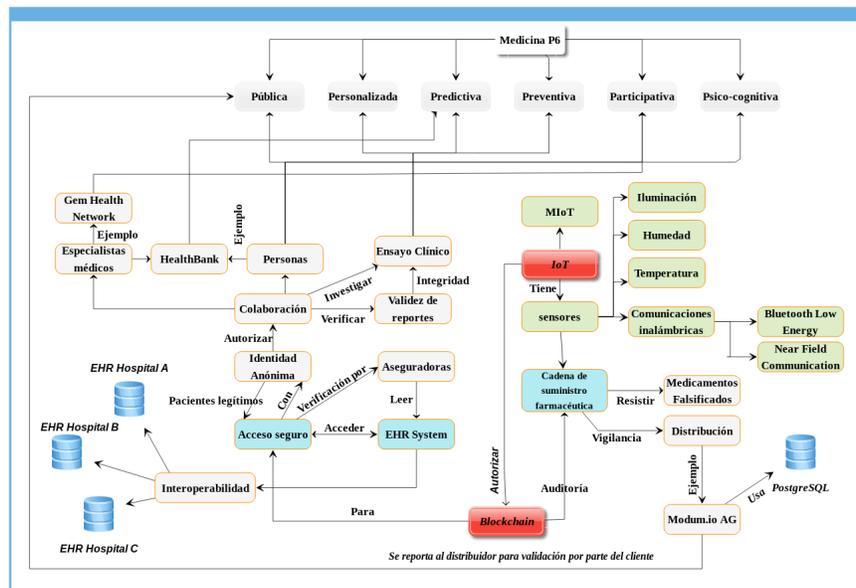


Figura 3: Se esquematiza la interacción entre *Blockchain*, *IoT* y el modelo de atención en salud *P6*, en escenarios típicos como son: Acceso al historial médico, actualización automática del historial clínico a través de *MIoT* y auditoría sobre la cadena de distribución en la industria farmacéutica.

El diseño de una red descentralizada para *IoT* mediante *Blockchain* permitirá gestionar la seguridad y las políticas de privacidad para un construir un ambiente confiable con estos dispositivos. Los *IoT* son heterogéneos con variantes en capacidad de procesamiento, almacenamiento, comunicación y suministro de energía;

y pueden presentar problemas relacionados con: confidencialidad, integridad, disponibilidad, autenticación, privacidad y lectura en tiempo real[33,22]. Entre las soluciones que han combinado *Blockchain* e *IoT* se pueden citar: *Iota*[31], *KSI Technology Stack*[16], *Hyperledger*[37] y *Enigma*[45].

Monitoreo Remoto del Paciente: en una *Blockchain* mediante contratos inteligentes se puede gestionar los *MIoT*, con sus tres (3) actores: pacientes, fabricantes y hospitales. La gestión está orientada a: (1)certificar la procedencia de un *MIoT*, para mitigar el contrabando o la falsificación de dispositivos; (2) registrar y auditar el derecho a la propiedad sobre un *MIoT* y los datos generados por éste; (3) asignación de permisos de acceso a los *MIoT*; y (4) Registro de fuentes externas para transferencia de datos. Los contratos inteligentes verifican la información de los *MIoT* generando alertas por adulteración, desconexión, falsificación o suplantación[2].

Cadena de suministro farmacéutica: la vigilancia en la fabricación y distribución de medicamentos es un factor clave en las políticas de salud pública de las naciones. El delito de la falsificación de medicamentos es un industria multimillonaria (75,000 USD millones en EEUU) que afecta principalmente a los países en vía de desarrollo, y se estima que un 30 % de los medicamentos distribuidos en las farmacias han sido adulterados. Esta situación genera problemas como: afectación en el estado de salud del paciente, incluso la muerte; pérdida de la confianza de la población en un medicamento o un laboratorio; aumento del riesgo de generar resistencia a antimicrobianos o la aparición de infecciones farmacorresistentes[41,42]. En este contexto *Blockchain* ofrece un mecanismo en el cual la distribución de medicamentos disponga de trazabilidad completa e inalterable, preservando de forma confiable la información y supervisión de las condiciones ambientales necesarias para el traslado y almacenamiento de productos médicos.

- *Gestión de compras de suministros médicos:* Los prestadores de salud requieren mitigar los riesgos de productos médicos falsificados o no aptos para uso debido a condiciones de distribución o almacenamiento. En [8] se ha propuesto un modelo basado en cuatro (4) capas: (1)Datos: responsable de la lectura de la información de las bases de datos de los involucrados (Vendedor, Transportador, Comprador); (2)IoT: red de sensores para medir temperatura, humedad y ubicación del producto, los datos se transmiten a un servicio en la nube; (3)Blockchain: registro inmutable de los datos generados por los sensores y la supervisión de las condiciones de los productos; y (4)presentación: aplicación web que permite la administración del sistema, crear usuarios y ordenes, y realizar seguimiento en tiempo real.
- *Modum.io AG:* presenta un sistema para el monitoreo confiable de las variables asociadas (temperatura en su fase inicial) al transporte de medicamentos [21,6]. El sistema esta compuesto por: (1)Sensor de Temperatura: Mide la temperatura y la envía a un dispositivo móvil por BLE (Bluetooth

Low Energy) previamente conectado a través de NFC (Near Field Communication); (2) Base de datos Relacional: Registra los datos generados por los sensores y la información de los usuarios registrados en el sistema; y (3) Blockchain: Se implementa un nodo completo tipo Ethereum, en el cual se lleva un registro inmodificable de la información de los sensores; y ejecuta un contrato inteligente que invalida el producto cuando se detecte un valor fuera de rango; y valida la entrega del medicamento aprobando las condiciones de transporte. Para el sistema de consenso se utiliza prueba de existencia [32].

3. Conclusiones

El conjunto de escenarios de aplicación de *Blockchain* relacionados con la administración de datos clínicos y la gestión de *MIoT*, evidencian la proyección de esta tecnología para la generación de un modelo de atención centrado en el paciente, puesto que facilitará la gestión de datos clínicos descentralizados del paciente.

Las características de *Blockchain* mediante la creación una identidad auto gobernada personal permitirán al paciente ejercer un control directo sobre su información clínica, lo que provocará cambios en el modelo de operación de los prestadores de salud, en el papel que desempeña el paciente frente a su condición de salud y en el usufructo de esta información asociado a procesos de investigación médica. En este escenario, el paciente podrá decidir con quien desea compartir sus datos médicos y las condiciones en las que desea hacerlo, igualmente podrá hacer uso de su derecho al olvido y realizar la eliminación o anonimización de su historial.

Los prestadores de salud deberán ajustar su plataforma tecnológica para permitir un entorno interoperable del sector, que facilite el intercambio seguro de información entre pacientes, especialistas médicos, aseguradoras, farmacéuticas, centros de investigación y comunidad en general. Los contratos inteligentes permitirán automatizar tareas de verificación de condiciones, por ejemplo, la expedición de una póliza médica se podrá realizar con información real del estado de salud del paciente, y facilitará la resolución de dudas frente a coberturas o inhabilidades; por otro lado, el mercado de suministros médicos obtendrá un mecanismo que le permitirá validar la calidad y autenticidad de un producto, lo que ayudará a disminuir medicamentos adulterados, falsificados o de dudosa calidad debido a condiciones deficientes de almacenamiento y transporte.

Referencias

1. Ahram, T., Sargolzaei, A., Sargolzaei, S., Daniels, J., Amaba, B.: Blockchain technology innovations. In: 2017 IEEE Technology and Engineering Management Society Conference, TEMSCON 2017. pp. 137–141. IEEE (2017)
2. Alblooshi, M., Salah, K., Alhammadi, Y.: Blockchain-based Ownership Management for Medical IoT (MIoT) Devices. In: 2018 International Conference on Innovations in Information Technology (IIT). pp. 151–156. IEEE (2018)

3. Antonopoulos, A.M.: *Mastering Bitcoin: Unlocking Digital Crypto-Currencies*. O'Reilly Media, Inc., 1st edn. (2014)
4. Bach, L.M., Mihaljevic, B., Zagar, M.: Comparative analysis of blockchain consensus algorithms. 2018 41st International Convention on Information and Communication Technology, Electronics and Microelectronics, MIPRO 2018 - Proceedings pp. 1545–1550 (2018)
5. Blockchain Luxembourg S.A: *Blockchain Explorer - — BTC — ETH* (2019), <https://www.blockchain.com/es/explorer>
6. Bocek, T., Rodrigues, B.B., Strasser, T., Stiller, B.: Blockchains Everywhere -A Use Case of Blockchains in the Pharma Supply-Chain. In: *International symposium on Integrated Network Management (IM2017)*. pp. 772–777 (2017)
7. Bragazzi, N.L., Del Puente, G.: Why P6 medicine needs clinical psychology and a trans-cultural approach. *Health Psychology Research* **1**(1), 5 (2013)
8. Celiz, R.C., Sanchez, D.M.: Cloud Model for Purchase Management in Health Sector of Peru based on IoT and Blockchain. In: *2018 IEEE 9th Annual Information Technology, Electronics and Mobile Communication Conference (IEMCON)*. pp. 328–334. IEEE (2018)
9. Coinmarketcap: *CoinMarketCap: Cryptocurrency Market Capitalizations* (Consultado Marzo 8, 2019), <https://coinmarketcap.com/>
10. Ekblaw, A., Azaria, A., Haramka, J.D., Lippman, A.: A Case Study for Blockchain in Healthcare: "MedRec" prototype for electronic health records and medical research data (2016)
11. Feng, Q., He, D., Zeadally, S., Khan, M.K., Kumar, N.: A survey on privacy protection in blockchain system. *Journal of Network and Computer Applications* **126**(November 2018), 45–58 (2019)
12. GemOS: *The blockchain operating system Gem OS* (Consultado Marzo 6, 2019), <https://enterprise.gem.co/health/>
13. Gervais, A., Karame, G.O., Wüst, K., Glykantzis, V., Ritzdorf, H., Capkun, S.: On the Security and Performance of Proof of Work Blockchains. *Proceedings of the 2016 ACM SIGSAC Conference on Computer and Communications Security - CCS'16* pp. 3–16 (2016)
14. Gramoli, V.: From blockchain consensus back to Byzantine consensus. *Future Generation Computer Systems* **1**, 1–20 (2017)
15. Griggs, K.N., Ossipova, O., Kohlios, C.P., Baccarini, A.N., Howson, E.A., Hayajneh, T.: Healthcare Blockchain System Using Smart Contracts for Secure Automated Remote Patient Monitoring. *Journal of Medical Systems* **42**, 130–137 (2018)
16. Guardtime: *KSI Technology stack* (Consultado Marzo 6, 2019), <https://guardtime.com/technology-old-1>
17. Hassan, S., De Filippi, P.: The Expansion of Algorithmic Governance: From Code is Law to Law is Code. *Field Actions Science Reports* **17**, 88–90 (2017)
18. Health Level Seven International: *Fast Healthcare Interoperability Resources* (Consultado Marzo 6, 2019), <https://www.hl7.org/fhir/overview.html>
19. HealthBank Cooperative: *Health Bank* (Consultado Marzo 6, 2019), <https://www.healthbank.coop/>
20. Hölbl, M., Kompara, M., Kamišali, A., Nemeč, L.: A Systematic Review of the Use of Blockchain in Healthcare. *Symmetry* **10**(470), 1–22 (2018), www.mdpi.com/journal/symmetry
21. Integrity, D., Supply, F.O.R., Operations, C., By, P., Technology, B.: *Whitepaper: Data integrity for supply chain operations, powered by blockchain technology*. Tech. rep., Modum.io AG, Zurich (2017), <https://modum.io/sites/default/files/documents/2018-10/170905whitepaperv.1.1..pdf>

22. Kshetri, N.: Can Blockchain Strengthen the Internet of Things? *IT Professional* **19**(4), 68–72 (2017)
23. Kuo, T.t., Kim, H.e., Ohno-machado, L.: Review Blockchain distributed ledger technologies for biomedical and health care applications. *Journal of the american medical informatics association* **24**(6), 1211–1220 (2017)
24. Mettler, M.: Blockchain technology in healthcare: The revolution starts here. 2016 IEEE 18th International Conference on e-Health Networking, Applications and Services, Healthcom 2016 pp. 16–18 (2016)
25. Nakamoto, S.: Bitcoin: A Peer-to-Peer Electronic Cash System (2008, Consultado Marzo 8, 2019), www.bitcoin.org
26. N.L., B.: From P0 to P6 medicine, a model of highly participatory, narrative, interactive, and “augmented” medicine: Some considerations on Salvatore Iaconesi’s clinical story. *Patient Preference and Adherence* **7**, 353–359 (2013)
27. Nomura Research Institute: Survey on blockchain technologies and related services. Tech. rep., Nomura Research Institute (2016)
28. Oscar Williams-Grut: Guardtime puts 1 million Estonian health records on its ‘industrial blockchain’ (Consultado Marzo 6, 2019), <https://www.businessinsider.com/guardtime-estonian-health-records-industrial-blockchain-bitcoin-2016-3>
29. Peterson, K., Deeduvanu, R., Kanjamala, P., Boles, K.: A Blockchain-Based Approach to Health Information Exchange Networks (2016)
30. Pirtle, C., Ehrenfeld, J.: Blockchain for Healthcare: The Next Generation of Medical Records? *Journal of Medical Systems* **42**(9), 1–3 (2018)
31. Popov, S.: The Tangle. Tech. rep., Iota (Consultado Marzo 8, 2019), <https://iota.org/IOTAWhitepaper.pdf>
32. Sankar, L.S., Sindhu, M., Sethumadhavan, M.: Survey of consensus protocols on blockchain applications. 2017 4th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems, ICACCS 2017 (2017)
33. Sedrati, A., Abdelraheem, M.A., B, S.R.: Blockchain and IoT : Mind the Gap. Tech. rep., ICST Institute for Computer Sciences, Social Informatics and Telecommunications Engineering (2018)
34. Shae, Z., Tsai, J.J.: On the Design of a Blockchain Platform for Clinical Trial and Precision Medicine. *Proceedings - International Conference on Distributed Computing Systems* pp. 1972–1980 (2017)
35. Talukder, A.K., Arnold, D.: Proof of Disease : A Blockchain Consensus Protocol for Accurate Medical Decisions and Reducing the Disease Burden. 2018 IEEE SmartWorld, Ubiquitous Intelligence & Computing, Advanced & Trusted Computing, Scalable Computing & Communications, Cloud & Big Data Computing, Internet of People and Smart City Innovation (SmartWorld/SCALCOM/UIC/ATC/CBDCom/IOP/SCI) pp. 257–262 (2018)
36. Technavio: Global Remote Patient Monitoring Market 2018-2022 (Consultado Marzo 8, 2019), <https://www.technavio.com/report/global-remote-patient-monitoring-market-analysis-share-2018>
37. The Linux Foundation: Hyperledger Fabric Explainer (Consultado Marzo 8, 2019)
38. V. Crosby, G.: Wireless Body Area Networks for Healthcare: A Survey. *International Journal of Ad hoc, Sensor & Ubiquitous Computing* **3**(3), 1–26 (2012)
39. de Vauplane, H.: Blockchain: La question de la preuve par consensus au coeur de la gouvernance. *Le mois en revue* **796**, 16–18 (2017)
40. de Vries, A.: Digiconomist - Exposing the Unintended Consequences of Digital Trends (Consultado Marzo 8, 2019), <https://digiconomist.net/>

41. World Health Organization: Growing threat from counterfeit medicines (2010)
42. World Health Organization: Substandard and falsified medical products (Consultado Marzo 6, 2019), <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/substandard-and-falsified-medical-products>
43. World Health Organization: Constitution of WHO: principles (Consultado Marzo 8, 2019), <https://www.who.int/about/mission/en/>
44. Zheng, Z., Xie, S., Dai, H., Chen, X., Wang, H.: An Overview of Blockchain Technology: Architecture, Consensus, and Future Trends. Proceedings - 2017 IEEE 6th International Congress on Big Data, BigData Congress 2017 pp. 557–564 (2017)
45. Zyskind, G., Nathan, O., Pentland, A.: Enigma: Decentralized computation platform with guaranteed privacy. CoRR **abs/1506.03471** (2015)