

## ARQUITECTURA INTELIGENTE BASADA EN BLOCKCHAIN PARA LA GESTIÓN AUTONÓMICA Y REFLEXIVA DEL TELETRABAJO 4.0

Omar Portilla, Yesid Madrid, Johrman Vides

Universidad de Pamplona

Pamplona, Norte de Santander, Colombia.

Tel.: 57-7-5685303, Fax: 57-7-5685303, Ext. 144

E-mail: {Jorge.portilla2, yesid.madrid, johrman.vides}@unipamplona.edu.co

**Abstract:** Our proposal seeks to generate an intelligent architecture for management of telework 4.0 supported by a model of the work ecosystem required by the new telework 4.0 paradigm. Our proposed must combine artificial intelligence and BlockChain to generate a technological platform that allows a more personalized, open and dynamic teleworking process, it must be safe and adjusted to the real needs of employers and workers too. With recruitment and discovery processes for new talents with focus in committed and innovation. This work should enable implementation of a prototype that evidences guarantees of the comprehensiveness of managed knowledge, presenting possibilities for making smart contracts, intellectual property management, intelligent matching of profiles, management of experience and curriculum, etc. In this prototype we will use technologies such as: cyber-physical systems, artificial intelligence, location technologies, authentication and fraud detection mechanisms, BlockChain, cloud computing, among others, all combining with each other.

**Keywords:** BlockChain, cyberphysicist, artificial intelligence, intellectual property management, smart contracts.

**Resumen:** La presente propuesta busca generar una arquitectura inteligente para la gestión de teletrabajo 4.0 soportada en un modelo de ecosistema laboral exigido por el nuevo paradigma teletrabajo 4.0. La arquitectura propuesta debe combinar inteligencia artificial y BlockChain para generar una plataforma tecnológica que permita un proceso de teletrabajo más personalizado, abierto y dinámico, seguro y ajustado a las necesidades reales de los empleadores y trabajadores. Con procesos de contratación y descubrimiento de nuevos talentos mucho más abiertos y comprometidos con la innovación. Este trabajo de investigación debe posibilitar que la implementación de un prototipo que evidencie garantías de la integralidad del conocimiento gestionado presentado posibilidades de realizar contratos inteligentes, gestión de propiedad intelectual, emparejamiento inteligente de perfiles, gestión de experiencia y currículo, etc. Para implementar prototipo se usarán tecnologías como: los sistemas ciberfísicos, la inteligencia artificial, las tecnologías de localización, los mecanismos de autenticación y detección de fraude, BlockChain, la computación en la nube, entre otras, todas combinándose entre sí.

**Palabras clave:** *BlockChain, ciberfísico, inteligencia artificial, gestión de propiedad intelectual, contratos inteligentes.*

### 1. INTRODUCCIÓN

La organización social y económica del mundo ha venido presentando una serie de cambios iniciados con la primera revolución industrial dada a finales del siglo XVIII caracterizada por la aparición de la máquina a vapor, posteriormente al inicio del siglo XX la aparición de la energía eléctrica generó una nueva revolución que ocasionó toda una disrupción en la sociedad, para la década de los 70 del siglo pasado la aparición de tecnologías de automatización generó una tercera revolución industrial y en lo corrido del

presente siglo se está presenciando una cuarta revolución industrial caracterizada por la aparición de los sistemas ciberfísicos. La cuarta revolución industrial (también conocida como industria 4.0, industria inteligente o ciberindustria) es caracterizada por transformaciones del aparato productivo mundial, y genera una disrupción que exige un cambio en el modelo de negocio de todos los sectores, generando también nuevos paradigmas. Las formas de contratación laboral, de búsqueda de empleo, de conformación de equipos de trabajo no escapan tal disrupción, lo cual requiere que se

generen nuevas concepciones y nuevos paradigmas como el de teletrabajo 4.0, que consiste en la aplicación de la industria 4.0 y muy especialmente de la tecnología blockchain en el campo laboral. El presente artículo propone una arquitectura inteligente para realizar gestión autónoma y flexible de los actuales ecosistemas laborales. Tales ecosistemas laborales enmarcan principalmente aspectos como la selección de personal, la contratación, la conformación de equipos de trabajo, la gestión de talento humano en los proyectos, etc. Mediante la emergencia de un nuevo paradigma teletrabajo 4.0 se pretende ver a la gestión de talento humano como un área mucho más abierta que lo que actualmente es, el teletrabajo 4.0 debe ofrecer servicios personalizados, dinámicos, innovadores y donde se acuda al uso de plataformas inteligentes, adaptativas y garantes de seguridad e integridad de los distintos actores del ecosistema laboral que autogestiona. El artículo está conformado por cuatro secciones una primera sección introductoria, la sección dos contiene una breve conceptualización, la tercera sección se dedica a describir una propuesta de arquitectura computacional inteligente, autónoma y reflexiva para la autogestión de teletrabajo y una sección final en la que se presentan algunas conclusiones.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 COMPUTACION AUTONOMICA

En (Ahuja & Dangey, 2014) se describen cuatro grandes categorías que constituyen las características de la computación autónoma. La auto-configuración, la auto-reparación, la auto-optimización y la auto-protección. En (Biswal, Bhawani ; Mohapatra, 2014) se plantea que la computación autónoma es un modelo de autogestión inspirado en el sistema nervioso de los seres humanos. Este incorpora sensores y actuadores para observar el ambiente, razonar, y actuar en consecuencia. Para modelar las propiedades autónomas de un sistema, se introduce un modelo de referencia que integra los siguientes elementos: Elementos manejados, sensores, manejador autónomo y actuadores. Tales autores, además de las características ya mencionadas, presentan la autoconciencia, entendida como la capacidad que tiene el sistema de conocerse a sí mismo, conocer sus estados y comportamientos, y la conciencia contextual.

En (Abeywickrama & Ovaska, 2017) se presenta la computación autónoma como instrumento para abordar implementaciones en ecosistemas de servicios digitales, donde los proveedores pueden alcanzar metas almacenadas usando los servicios del ecosistema. Trabajos como el presentado en

(Jaleel, Arshad, & Shoaib, 2018), mezclan las tecnologías de cloud computing y computación autónoma, para proponer el S-SAAS, que busca utilizar las propiedades de autoadaptación de la computación autónoma en la autogestión de software. También, (Aguilar, Cordero, & Buendía, O. (2018) han introducido el concepto de ciclos autónomos de tareas de análisis de datos, que no es más que un grupo de tareas de Analítica de Datos en un lazo cerrado alrededor de un proceso/sistema, que lleva a cabo un proceso de adecuación/supervisión del mismo, explotando sus datos y los del contexto.

### 2.2 INDUSTRIA 4.0

A medida que la industria se convierte en parte de la economía referido a los bienes materiales con un alto grado de mecanización y Automatización creada. Desde el comienzo de la industrialización, los avances tecnológicos han dado lugar a cambios de paradigma, que ahora se denominan "revoluciones": en el área de Mecanización (llamada primera revolución industrial), uso intensivo energía eléctrica (llamada segunda revolución industrial) y digitalización integral (llamada tercera revolución industrial). Basado en digitalización avanzada dentro de las salas de fábrica que parece Fusionar la tecnología de Internet con tecnologías futuras en el campo de los objetos "inteligentes" (máquinas y productos) para crear un nuevo cambio de paradigma fundamental liderar en la producción industrial. La visión de la producción futura incluye modular y eficiente (Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). )

Sistemas de fabricación que describen escenarios donde los productos controlan ellos mismos su proceso de fabricación. Esto debería llevar al hecho de que la producción de productos individuales con tamaño de lote 1 puede realizarse bajo las condiciones marco-económicas de la producción en masa. Esta expectativa del futuro ha llevado a la expresión "Industria 4.0" para una "4ta revolución industrial planeada", donde el término recuerda a la Versiones de software (Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). )

### 2.3 INTERNET DE LAS COSAS

El internet de las cosas es un concepto que se refiere a una interconexión digital de objetos cotidianos con internet. (Mohammadi Zanjireh, 2015). Es, en definitiva, la conexión de internet con más objetos que con personas. También se suele conocer como internet de todas las cosas o internet en las cosas. Si los objetos de la vida cotidiana tuvieran incorporadas etiquetas de radio, podrían ser identificados y gestionados por otros

equipos de la misma manera que si lo fuesen por seres humanos. (Magrassi & A. Panarella, 2001)

El concepto de internet de las cosas fue propuesto en 1999, por Kevin Ashton, en el Auto-ID Center del MIT (Ashton, 2011), en donde se realizaban investigaciones en el campo de la identificación por radiofrecuencia en red (RFID) y tecnologías de sensores.

Por ejemplo, si los libros, termostatos, refrigeradores, la paquetería, lámparas, botiquines, partes automotrices, entre otros, estuvieran conectados a internet y equipados con dispositivos de identificación, no existirían, en teoría, artículos fuera de stock o medicinas caducas; sabríamos exactamente la ubicación, cómo se consumen en el mundo; el extravío pasaría a ser cosa del pasado, y sabríamos qué está encendido y qué está apagado en todo momento. (Gershenfeld & Cohen, 2004)

## 2.4 SISTEMA CIBERFÍSICO

Un sistema ciberfísico es un mecanismo (sistema físico) controlado o monitorizado por algoritmos basados en computación y estrechamente integrados con internet. En los sistemas ciberfísicos, los componentes físicos y de software están profundamente entrelazados, donde cada elemento opera en diferentes escalas espaciales y temporales, exhibiendo múltiples comportamientos, e interaccionando entre ellos de innumerables formas que cambian con el contexto.<sup>1</sup> Los ejemplos de CPS incluyen al sistema de red eléctrica inteligente, sistemas de automóvil autónomo (Castaño, Beruvides, Haber, & Artuñedo, 2017), sistemas de monitorización médica, sistemas de control de procesos, monitorización de procesos de fabricación (Villalonga, Beruvides, Castaño, & Haber, 2018), monitorización de infraestructuras y carreteras (Godoy, Haber, Muñoz, Matia, & Garcia, 2018), sistemas de robótica, domótica y pilotos automáticos aeronáuticos.

## 2.5 TELETRABAJO

El teletrabajo es una práctica laboral que implica trabajar a distancia durante al menos parte del tiempo. Los arreglos comunes incluyen el trabajo realizado en casa o en el campo, por teletrabajadores en una variedad de ocupaciones. Como tal, el teletrabajo es una de las desviaciones más radicales de las condiciones de trabajo estándar en el conjunto de prácticas de trabajo flexibles que ahora están ganando una amplia aceptación (Daniels, K., Lamond, D., & Standen, P. (2001).)

La OIT define el teletrabajo como una forma de trabajo que se realiza en una ubicación alejada de una oficina central o instalaciones de producción, separando al trabajador del contacto personal con colegas de trabajo que estén en esa oficina y como la nueva tecnología hace posible esta separación facilitando la comunicación.

## 2.6 BLOCKCHAIN

Una cadena de bloques, es una estructura de datos en la que la información contenida se agrupa en conjuntos (bloques) a los que se les añade metainformaciones relativas a otro bloque de la cadena anterior en una línea temporal, de manera que gracias a técnicas criptográficas, la información contenida en un bloque solo puede ser repudiada o editada modificando todos los bloques posteriores (Brito, 2013). Esta propiedad permite su aplicación en entorno distribuido de manera que la estructura de datos blockchain puede ejercer de base de datos pública no relacional que contenga un histórico irrefutable de información. En la práctica ha permitido, gracias a la criptografía asimétrica y las funciones de resumen o hash, la implementación de un registro contable (ledger) distribuido que permite soportar y garantizar la seguridad de dinero digital. Siguiendo un protocolo apropiado para todas las operaciones efectuadas sobre la blockchain, es posible alcanzar un consenso sobre la integridad de sus datos por parte de todos los participantes de la red sin necesidad de recurrir a una entidad de confianza que centralice la información. Por ello se considera una tecnología en la que la "verdad" (estado confiable del sistema) es construida, alcanzada y fortalecida por los propios miembros; incluso en un entorno en el que exista una minoría de nodos en la red con comportamiento malicioso (nodos sybil) dado que, en teoría, para comprometer los datos, un atacante requeriría de una mayor potencia de cómputo y presencia en la red que el resultante de la suma de todos los restantes nodos combinados. Por las razones anteriores, la tecnología blockchain es especialmente adecuada para escenarios en los que se requiera almacenar de forma creciente datos ordenados en el tiempo, sin posibilidad de modificación ni revisión y cuya confianza pretenda ser distribuida en lugar de residir en una entidad certificadora. Este enfoque tiene diferentes aspectos:

- **Almacenamiento de datos:** se logra mediante la replicación de la información de la cadena de bloques
- **Transmisión de datos:** se logra mediante redes de pares.
- **Confirmación de datos:** se logra mediante un proceso de consenso entre los nodos participantes. El tipo de algoritmo más utilizado

es el de prueba de trabajo en el que hay un proceso abierto competitivo y transparente de validación de las nuevas entradas llamada minería.

El concepto de cadena de bloque fue aplicado por primera vez en 2009 como parte de Bitcoin. Los datos almacenados en la cadena de bloques normalmente suelen ser transacciones (p. ej. financieras) por eso es frecuente llamar a los datos transacciones. Sin embargo, no es necesario que lo sean. Realmente podríamos considerar que lo que se registran son cambios atómicos del estado del sistema. Por ejemplo una cadena de bloques puede ser usada para estampillar documentos y asegurarlos frente a alteraciones Blockchain, por lo tanto, es una red de igual a igual que se encuentra en la parte superior del internet. (Marco Lansiti, 2017)

## 2.7 MIDDLEWARES REFLEXIVOS

En (J Aguilar & Mosquera, 2015) se plantea que un middleware reflexivo es un sistema que actúa como capa intermedia entre aplicaciones y servicios, que tiene la habilidad de observar y cambiar su propio comportamiento a través de un proceso de auto-referencia y auto-conciencia. En general, la parte reflexiva de un middleware se implementa acoplando dos procesos:

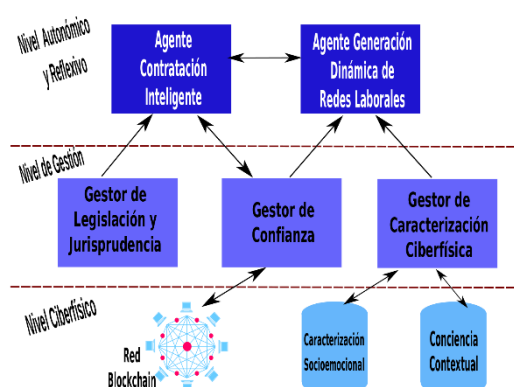
- **Introspección:** Habilidad para observar su propio estado de ejecución.
- **Intercepción:** Habilidad para modificar su propio estado de ejecución, o alterar su propia interpretación (o significado).

Un middleware reflexivo consiste de dos o más niveles de agregación: Nivel base: Donde se ejecutan las aplicaciones y funcionalidades propias del sistema. Nivel meta: Implementa la reflexividad y verifica que las operaciones del sistema sean las requeridas o esperadas

## 3. ARQUITECTURA INTELIGENTE PROPUESTA

En adelante se postula una propuesta de arquitectura inteligente basada en blockchain y las principales tecnologías asociadas con la industria 4.0 que soporte la gestión y optimización del proceso de teletrabajo inmerso en un ecosistema laboral concebido como un sistema dinámico adaptativo modelado mediante una red compleja en la que cada nodo sea considerado un agente inteligente, a cada uno de estos nodos se les denominara Nodos laborales 4.0 y cada nodo tiene la posibilidad de decidir su grado y forma de participación en cada red laboral (que representa un proyecto en ejecución) de acuerdo con solicitudes de participación recibidas de parte de

los distintos actores del ecosistema. La organización en esta arquitectura es concebida como el hábitat en el que cobran vida diversos proyectos (representados cada uno como una red laboral), a su vez cada proyecto está representado como una red de nodos laborales inteligentes y es un sistema ciberfísico que interactúa con los demás nodos, usando las distintas tecnologías relacionadas con la industria 4.0 y soportado en tecnologías blockchain para garantizar veracidad e integridad del conocimiento gestionado. Dentro de este ecosistema, cada trabajador es considerado como un ente ciberfísico, que puede realizar contratos inteligentes, y que interactúa con los demás componentes ciberfísicos que pertenecen al ecosistema laboral.



**Figura 1:** Componentes de la Arquitectura Inteligente Propuesta

La figura 1. Especifica los distintos componentes de la arquitectura agrupados en tres niveles fundamentales cada uno con características marcadas. El nivel de mayor abstracción se denomina nivel ciberfísico, posteriormente se tiene un nivel de gestión del conocimiento encargado de cosechar y realizar ciencia de datos sobre todo el conocimiento requerido y un nivel de más alta jerarquía denominado nivel autónomo y reflexivo se encarga de la gestión inteligente autónoma y reflexiva de cada uno de los proyectos de teletrabajo 4.0 que se registren en la plataforma.

### 3.1 Nivel ciberfísico

Es el componente de más bajo nivel en la arquitectura se encarga de garantizar el correcto registro de los distintos tipos de conocimiento que la arquitectura requiere. El nivel ciberfísico está compuesto por dos actores fundamentales:

- Red BlockChain para el registro seguro de aspectos laborales
- Repositorios de caracterización ciberfísica del ecosistema laboral

### 3.1.1 Red BlockChain para el registro seguro de aspectos laborales

Consiste en una plataforma BlockChain conformada por una cantidad de nodos minadores que se encargan de almacenar todo el conocimiento asociado con aspectos laborales garantizando integralidad, autenticación, no repudio y disponibilidad. Los aspectos laborales registrados para cada nodo laboral, en forma segura por la red BlockChain son:

- Registro de propiedad intelectual
- Registro de certificados formales de formación en competencias
- Registro de experiencia laboral de cada nodo incorporado en la plataforma
- Registro de logros y desempeños
- Contratos inteligentes celebrados

Este componente de la arquitectura es quien media como tercero de confianza entre las organizaciones contratantes de proyectos y los distintos nodos laborales identificados para participar en dicho proyecto.

### 3.1.2 Repositorios de caracterización ciberfísica del ecosistema laboral

La industria 4.0 tiene como eje central los sistemas ciberfísicos por tal motivo la arquitectura requiere realizar representación ciberfísica de cada uno de los actores pertenecientes a los ecosistemas laborales que autogestione. La caracterización ciberfísica de actores se discrimina en dos repositorios principales que son el repositorio de caracterización socio-emocional y el repositorio de conciencia contextual.

#### 3.1.2.1 Repositorio de caracterización socioemocional

Este repositorio se encarga de almacenar todo el conocimiento relacionado con la representación ciberfísica socioemocional de cada uno de los nodos laborales (trabajadores). El conocimiento incorporado en el repositorio proviene de cosechas realizadas por un agente de caracterización ciberfísicas que recolecta información personal de cada trabajador representado como un nodo laboral en aspectos como: emocional, social (cosechado principalmente a través de redes sociales), fisiológico (que se cosecha principalmente a partir de historiales clínicos), legal (cosechado a partir de información de las instituciones encargadas de tales áreas), etc.

#### 3.1.2.2 Repositorio de conciencia contextual

Este repositorio se encarga de almacenar el conocimiento referente a las organizaciones

incluyendo caracterizaciones que permitan diferenciar una organización de otra y conocimiento que permita describir cada uno de los proyectos laborales que se registren en la plataforma. Cada proyecto laboral tiene almacenado en este repositorio aspectos como las metas a alcanzar, los recursos disponibles, los niveles de calidad y tiempos de alcance de las metas, perfiles deseables para los miembros del equipo participante, etc. En este repositorio se debe almacenar además el conocimiento relacionado con las distintas actividades a desarrollar en cada proyecto descritas con rigurosidad en lo relacionado a productos a obtener, planeación de tiempos, etc.

### 3.2 Nivel de gestión del conocimiento

Este nivel de la arquitectura contiene tres componentes computacionales que se encargan de gestionar y proporcionar el conocimiento requerido por el nivel autonómico y reflexivo para lograr llevar a cabo una gestión inteligente autonómica y reflexiva de los ecosistemas laborales registrados en la plataforma. Cuenta con tres gestores que son:

- Gestor de confianza
- Gestor de caracterización ciberfísica
- Gestor de legislación y jurisprudencia

#### 3.2.1 Gestor de confianza

Es el componente computacional encargado de almacenar toda la tecnología necesaria para gestionar la red BlockChain sirve como mecanismo de comunicación segura y confiable entre la red de BlockChain y los agentes que componen el nivel autonómico y reflexivo. Este componente encapsula las interfaces requeridas para cualquier proceso de registro de conocimiento en la red de BlockChain o búsqueda de conocimiento en ella.

#### 3.2.2 Gestor de caracterización ciberfísica

Es el componente computacional encargado de realizar todas las cosechas y búsquedas en las distintas fuentes de conocimiento para registrar la información en los repositorios que componen el nivel ciberfísico. Este componente debe incorporar diversas tecnologías asociadas a ciencia de datos para caracterizar en forma ciberfísica cada uno de los trabajadores que se registren en la plataforma de forma similar a lo propuesto por Bachir, (A. Abenia, 2019). El mismo componente debe posibilitar el registro del conocimiento asociado a la conciencia contextual de las organizaciones, para lo cual es indispensable acudir a herramientas como las



propuestas en [FODAS-WS] y cualquier otro tipo de herramienta de adquisición y gestión de conciencia contextual y modelado del dominio que se adecue.

### 3.2.3 Gestor de legislación y jurisprudencia

Es el componente computacional que haciendo uso de ciencia de datos y mecanismos formales de representación del conocimiento (como por ejemplo ontologías) recupera y almacena legislación laboral pertinente al entorno en el cual el proyecto y los trabajadores (nodos laborales) estén inmersos. Es este componente el encargado de suministrar los insumos legales requeridos por el agente de contratación inteligente para la formulación de cada una de las cláusulas estipuladas en cada contrato inteligente que se genere.

## 3.3 Nivel autónomo y reflexivo

Es el nivel de la arquitectura computacional encargado de realizar la gestión inteligente, autónoma y reflexiva de cada uno de los proyectos laborales registrados en la plataforma computacional. Tal autogestión implica un proceso de generación dinámica de redes complejas en el que participen los distintos nodos de conocimiento. Se compone fundamentalmente por dos agentes: agente de contratación inteligente y agente de generación dinámica de redes laborales.

### 3.3.1 Agente de generación dinámica de redes laborales

Como ya se mencionó los ecosistemas laborales registrados en la plataforma se modelan fundamentalmente como redes complejas que constituyen sistemas dinámicos adaptativos. Por tanto, cada nodo laboral está representado como un sistema ciberfísico inteligente capaz de tomar decisiones de acuerdo con su conocimiento (nivel de experiencia acumulada) y con el cálculo de indicadores que le permitan medir el grado de utilidad que puede representar el para una red laboral (proyecto). El agente de generación dinámica de redes laborales consiste principalmente en un motor de generación dinámica de redes laborales que coordina a los distintos nodos laborales candidatos, cada uno de los cuales debe decidir y argumentar qué tan favorable le es participar en determinada red (proyecto). Para ello se debe contar con funciones de utilidad y formalismos matemáticos que permitan maximizar medidas de rendimiento en los proyectos modelados. En la medida que un nodo laboral participa en proyectos (redes laborales) debe reconfigurarse en cuanto a sus

niveles de conocimiento, su forma de trabajo en equipo, etc.

Cada nodo laboral debe ser autónomo y reflexivo. Autónomo en el sentido que debe poder reservarse el derecho de participar o no en cierta red laboral. El nodo laboral debe tener la habilidad de observar y cambiar su propio comportamiento, a través de un proceso de auto-referencia y auto-conciencia, conocidos como Introspección e Intercepción. Con base en lo anterior, deberá realizar una gestión autónoma de sus capacidades, para que tenga capacidad de reconfigurarse y adaptarse de acuerdo con la dinámica del sistema, teniendo como fin la optimización de su participación en los distintos proyectos, organizaciones y entornos.

### 3.3.2 Agente de contratación inteligente

Es el encargado de la generación de contratos inteligentes cada vez que dos o más partes decidan vincularse mediante la participación en un proyecto.

Debe comunicarse con el gestor de legislación y jurisprudencia para garantizar aplicar la normativa vigente y pertinente en cada caso. Además, debe acudir al gestor de confianza en dos momentos inicialmente para realizar la verificación del historial laboral y formativo de cada nodo que participe en un contrato inteligente y en un segundo momento para solicitar el registro del contrato celebrado en la red BlockChain e la arquitectura. A este agente acude el agente de generación dinámica de redes laborales para solicitar cualquier modificación de la contratación o generación de nuevos contratos conforme la dinámica del sistema vaya demandando.

## 5. CONCLUSIONES

- El trabajo acá presentado se fundamenta en un nuevo paradigma que está emergiendo denominado teletrabajo 4.0. Con la arquitectura propuesta se plasma como el teletrabajo 4.0 contribuye en la globalización de la demanda y oferta laboral. Ayudando además en la optimización la productividad de las organizaciones y de los indicadores de desempeño de cada proyecto adelantado a su interior.
- La arquitectura propuesta representa un aporte al área de seguridad informática o ciberseguridad debido a que incrementa los niveles de seguridad del conocimiento almacenado en plataformas de teletrabajo 4.0, ya que protege de vulnerabilidades como alteración de la información, y minimiza la probabilidad de ocurrencia de aspectos relacionados con no repudio y autenticación.

- La confidencialidad no es un área de vital importancia en la arquitectura propuesta, pues al tratarse de una base de datos distribuida la información registrada en la plataforma Blockchain es de uso público, aspecto que debe dejarse claro a cada uno de los actores registrados en una plataforma inteligente de teletrabajo 4.0 que se ajuste a la arquitectura acá propuesta.

- La arquitectura proporciona altos niveles de disponibilidad debido a que dicho conocimiento sigue disponible en caso de falla de uno de los nodos participantes en la red Blockchain. Lo anterior garantiza que el conocimiento registrado relacionado con contratación inteligente, experiencia laboral, certificados de formación, etc. esté disponible de forma continua.

- Las modalidades de contratación laboral están siendo influenciadas de manera disruptiva con la incursión de la industria 4.0 y particularmente del Blockchain. Como se evidencia en la arquitectura presentada Blockchain provee la infraestructura tecnológica para soportar procesos de contratación inteligente en lo referente a aspectos de seguridad como integridad, no repudio, autenticación y disponibilidad.

- La arquitectura presenta una propuesta que refleja como la ciencia de datos y otras tecnologías asociadas con inteligencia artificial y modelado de sistemas dinámicos, pueden y deben interactuar con las tecnologías de Blockchain para proveer soluciones tecnológicas sólidas, autónomas, reflexivas y seguras, en diversos sectores de negocio. Conformando servicios personalizados, dinámicos e innovadores.

- Con esta arquitectura se plantean indicios de como áreas de cualquier organización relacionadas con la gestión de talento humano, jurídica, contratación, etc. están atravesando por un proceso disruptivo y dinámico, en el que posiblemente se reconfiguren roles y se incorpore la industria 4.0 como soporte tecnológico prioritario en los nuevos modelos de negocio que surjan alrededor de dichas organizaciones.

- La arquitectura acá propuesta puede ser transferida fácilmente a nuevos dominios y aplicaciones como por ejemplo negociación de inmuebles, negociación de vehículos, procesos de formación, etc.

## REFERENCIAS

- Abeywickrama, D. B., & Ovaska, E. (2017). A survey of autonomic computing methods in digital service ecosystems. *Service Oriented Computing and Applications*, 11(1), 1–31. <https://doi.org/10.1007/s11761-016-0203-8>
- Aguilar, J., & Mosquera, D. (2015). Middleware Reflexivo para la gestión de Aprendizajes Conectivistas en Ecologías de Conocimientos (eco-conectivismo). *American Journal of Computing Faculty of ...*, II(2), 25–32. Retrieved from <http://lajc.epn.edu.ec/index.php/LAJC/article/view/87>
- Aguilar, Jose, Cordero, J., & Buendía, O. (2018). Specification of the Autonomic Cycles of Learning Analytic Tasks for a Smart Classroom. *Journal of Educational Computing Research*, 56(6), 866–891. <https://doi.org/10.1177/0735633117727698>
- Ahuja, K., & Dangey, H. (2014). Autonomic Computing: An emerging perspective and issues. *Proceedings of the 2014 International Conference on Issues and Challenges in Intelligent Computing Techniques, ICICT 2014*, 471–475. <https://doi.org/10.1109/ICICT.2014.6781328>
- Bachir, S ; Abenia, A. (2019). Internet of Everything and Educational Cyber Physical Systems for University 4.0. In *11th International Conference, ICCI*.
- Bakken, J. P., Uskov, V. L., Kuppili, S. V., Uskov, A. V, Golla, N., & Rayala, N. (2018). *Smart Universities* (Vol. 70). <https://doi.org/10.1007/978-3-319-59454-5>
- Biswal, Bhawani; Mohapatra, A. (2014). *Analogy of Autonomic Computing*.
- Jaleel, A., Arshad, S., & Shoaib, M. (2018). A secure, scalable and elastic autonomic computing systems paradigm: Supporting dynamic adaptation of self-\* services from an autonomic cloud. *Symmetry*, 10(5), 1–24. <https://doi.org/10.3390/sym10050141>
- Lasi, H., Fettke, P., Kemper, H. G., Feld, T., & Hoffmann, M. (2014). *Industry 4.0. Business & information systems engineering*, 6(4), 239-242.
- Mohammadi Zanjireh, M. &. (2015). A Survey on Centralised and Distributed Clustering Routing Algorithms for WSNs. *IEEE Vehicular Technology Conference. VTC 2015. Glasgow, Scotland*.
- Magrassi, P., & A. Panarella, N. D. (2001). *Computers to Acquire Control of the Physical World*. Gartner research report T-14-0301.

- Ashton, K. (2011). That 'Internet of Things' Thing. *RFID Journal*, 22 July 2009.
- Gershenfeld, N., & Cohen, R. K. (2004). The Internet of Things. *Scientific American*, 76-81.
- Castaño, F., Beruvides, G., Haber, R., & Artuñedo, A. (2017). Obstacle recognition based on machine learning for on-chip lidar sensors in a cyber-physical system. *Sensors* 17.
- Villalonga, A., Beruvides, G., Castaño, F., & Haber, R. (2018). Industrial cyber-physical system for condition-based monitoring in manufacturing processes. *IEEE Int. Conference on Industrial Cyber-Physical Systems (ICPS)*.
- Godoy, J., Haber, R., Muñoz, J., Matia, F., & Garcia, A. (2018). Smart sensing of pavement temperature based on low-cost sensors and V2I communications. *Sensors* 18. .
- Brito, J. &. (2013). *Bitcoin: A Primer for Policymakers*. Fairfax, VA: Mercatus Center, George Mason University.
- Marco Lansiti, K. R. (2017). The Truth About Blockchain. En K. R. Marco Lansiti, *The Truth About Blockchain*. Harvard Business Review.
- Daniels, K., Lamond, D., & Standen, P. (2001). Teleworking: frameworks for organizational research. *Journal of management studies*, 38(8), 1151-1185.