

Arquitectura inteligente para la gestión de bienestar soportado en neuroseñales para ecosistemas sociales 4.0

Intelligent architecture for well-being management supported by neurosignals for social ecosystems 4.0

^aMauricio Rojas-Contreras, ^bJorge Omar Portilla-Jaimes, ^cSamuel Herrera-Castillo

-  a. Doctorado en Educación, mrojas@unipamplona.edu.co, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia
-  b. Maestría en Ciencias Computacionales, jorge.portilla2@unipamplona.edu.co, Universidad de Pamplona, Pamplona, Colombia
-  c. Maestría en Ingeniería, samuel.herrera@upb.edu.co, Universidad Pontificia Bolivariana, Medellín, Colombia

Recibido: Junio 1 de 2021 Aceptado: Octubre 8 de 2021

Forma de citar: M. Rojas-Contreras, J.O. Portilla-Jaimes, S. Herrera-Castillo. "Arquitectura inteligente para la gestión de bienestar soportado en neuroseñales para ecosistemas sociales 4.0", *Mundo Fesc* vol. 11, S4, pp. 134-147, 2021

Resumen:

El alcance de este artículo es describir una arquitectura inteligente a nivel estructural, funcional y de servicios inteligentes para gestionar el bienestar mental, físico y espiritual de los docentes del campo disciplinar de la física soportada en neuroseñales y en tecnologías de la industria 4.0. Para el diseño metodológico de la arquitectura inteligente se identificaron las capas estructurales que conforman el modelo arquitectónico, posteriormente se identificaron los requerimientos funcionales que debían implementar en la arquitectura inteligente y finalmente se modelaron los servicios inteligentes que debían automatizar los procesos de gestión del bienestar de los docentes del área de la física y que igualmente se puede replicar a docentes de otros campos disciplinares. El resultado principal de esta investigación es el modelo estructural y de servicios de la arquitectura inteligente, el cual está estructurado en una capa de servicios de bienestar y en una capa de adquisición y gestión de conocimiento. En un nivel de descomposición adicional se describen las funcionalidades asociadas a cada capa, particularmente, la capa de servicios encapsula las funcionalidades de gestión de conciencia contextual, gestión de caracterización ciberfísica, gestión dinámica de redes de apoyo, generador inteligente de tratamientos. La capa de gestión y adquisición de conocimiento incluye las funcionalidades de gestión de repositorios de señales emotivas, medidas fisiológicas, actividades sociales, caracterización social, caracterización espiritual, de nodos sociales, perfiles laborales y de contextos. Tomando como referencia el modelo arquitectónico diseñado para la generación inteligente de tratamientos mentales, físicos y espirituales para mejorar la calidad de vida de los docentes del área de la física en educación superior, se puede concluir que en época de pandemia es viable el diseño de plataformas inteligentes que generen tratamientos automáticos para mejorar los indicadores mentales, físicos y espirituales de los docentes modelados como nodos sociales a través de las tecnologías de la industria 4.0.

Keywords: Arquitecturas inteligentes, Ciclos autonómicos, Gestión de bienestar, Organizaciones virtuales

Autor para correspondencia:

*Correo electrónico: mrojas@unipamplona.edu.co



Abstract:

The scope of this article is to describe an intelligent architecture at the structural, functional and intelligent service levels to manage the mental, physical and spiritual well-being of higher education teachers supported by neurosignals and industry 4.0 technologies. For the methodological design of the intelligent architecture, the structural layers that make up the architectural model were identified, later the functional requirements that had to be implemented in the intelligent architecture were identified and finally the intelligent services that had to automate the well-being management processes of the patients were modeled. teachers in the area of physics and that can also be replicated to teachers from other disciplinary fields. The main result of this research is the structural and service model of intelligent architecture, which is structured in a welfare services layer and in a knowledge acquisition and management layer. In an additional decomposition level, the functionalities associated with each layer are described, particularly, the services layer encapsulates the functionalities of contextual awareness management, cyberphysical characterization management, dynamic management of support networks, intelligent treatment generator. The knowledge management and acquisition layer includes the management functionalities of repositories of emotional signals, physiological measurements, social activities, social characterization, spiritual characterization, social nodes, work profiles and contexts. Taking as reference the architectural model designed for the intelligent generation of mental, physical and spiritual treatments to improve the quality of life of teachers in the area of physics in higher education, it can be concluded that in times of pandemic the design of platforms is viable smart devices that generate automatic treatments to improve the mental, physical and spiritual indicators of teachers modeled as social nodes through industry 4.0 technologies.

Keywords: Intelligent Architecture, Autonomic Cycles, Wellness Management, Virtual Organizations.

Introducción

Actualmente la población docente ha venido viendo disminuido su bienestar, lo cual desencadena afectación de la calidad de vida a raíz de aspectos como los nuevos modelos laborales, el exceso de uso de tecnologías, la problemática bio-social reciente generada por la actual pandemia, la carga laboral excesiva. La población docente se encuentra inmersa en ecosistemas sociales en los que participan diversos actores, cuya interacción genera dinámicas comportamentales que repercuten directamente, no solo en las características fisiológicas sino también en aspectos emocionales de los docentes. La dinámica de vida de cualquier persona constituye un sistema complejo [1]–[4], aspecto que puede considerarse para proponer nuevos modelos que fusionen la teoría de sistemas complejos [1], [2], redes complejas [5], sistemas ciberfísicos [6] y organizaciones virtuales 4.0 [7], en nuevos conceptos como el de ecosistemas sociales 4.0 [10].

Las tecnologías de industria 4.0 y particularmente las arquitecturas inteligentes aportan actualmente soluciones, eficaces y en tiempo real a distintas problemáticas. Ante la actual disrupción tecnológica y el cambio en las dinámicas de la vida de las personas se requiere que el sistema de salud pública cuente con plataformas tecnológicas que sirvan como articulador transversal entre los distintos actores que integran los ecosistemas sociales en los que la población se encuentra inmersa. Para lograr tal transversalidad, las organizaciones y el sistema de salud público, deben sufrir un proceso de transformación radical involucrando plataformas tecnológicas que basadas en arquitecturas inteligentes sirvan como mecanismo de integración entre el sector productivo, las organizaciones y los entes gubernamentales, para lograr optimizar la generación de soluciones innovadoras que garanticen mejores niveles de vida de la sociedad y particularmente el mejoramiento del bienestar de la población en general y particularmente en la población docente de

educación superior.

Las tecnologías de industria 4.0 y particularmente las arquitecturas inteligentes aportan actualmente soluciones, eficaces y en tiempo real a distintas problemáticas. Ante la actual disrupción tecnológica y el cambio en las dinámicas de la vida de las personas se requiere que el sistema de salud pública cuente con plataformas tecnológicas que sirvan como articulador transversal entre los distintos actores que integran los ecosistemas sociales en los que la población se encuentra inmersa. Para lograr tal transversalidad, las organizaciones y el sistema de salud público, deben sufrir un proceso de transformación radical involucrando plataformas tecnológicas que basadas en arquitecturas inteligentes sirvan como mecanismo de integración entre el sector productivo, las organizaciones y los entes gubernamentales, para lograr optimizar la generación de soluciones innovadoras que garanticen mejores niveles de vida de la sociedad y particularmente el mejoramiento del bienestar de la población en general y particularmente en la población docente de educación superior.

El trabajo presentado surge como fruto del planteamiento de la siguiente pregunta de investigación: ¿Cómo debe ser una arquitectura inteligente soportada en el concepto de ecosistemas sociales 4.0 que contribuya en el mejoramiento del bienestar de la población de docentes de educación superior?

Fundamentación teórica

En [8] se plasma el concepto de ecosistema asociado al mundo de la gestión, después de revisar 90 trabajos publicados en journal relevantes en el área de gestión de tecnologías e innovación y ver los principales flujos de investigación en el área y proponen

un modelo que incluye las distintas perspectivas de los ecosistemas en gestión tecnológica e innovación (ecosistemas industriales, ecosistemas de negocios, gestión de plataformas y redes multi-actores). Para [8] el significado esencial del concepto de ecosistema se origina en los sistemas biológicos y es generado del análisis de las redes orgánicas, basados no solo en una vista positiva de su funcionamiento, sino también en aspectos negativos, y aspectos competitivos: niveles de competición en el ecosistema, predación, parasitismo, y destrucción de sistemas enteros. Cada actor en el ecosistema tiene diferentes atributos, principios de toma de decisiones y propósitos.

Estas diferencias causan resultados involuntarios a nivel de ecosistema. La frontera analítica del ecosistema es el producto/sistema servicio y se incluyen no solo actores del negocio sino también actores no relacionados directamente. Según [8] para analizar el ecosistema se requiere analizarla evolución del sistema dinámico que lo conforma y considerar características como la auto-organización.

En [9] se presenta una revisión de literatura basada en 71 trabajos en los que caracterizan los ecosistemas presentando análisis de los orígenes, definición y utilización de los ecosistemas y describiendo sus tipos, taxonomías y topologías. Hacen especial énfasis en la topología de ecosistemas genéricos, incluyendo análisis de ecosistemas sociocéntricos, ecosistemas colectivos simbióticos, ecosistemas balanceados centralizados, entre otros. Además dichos autores analizan criterios de los ecosistemas como conciencia, robustez, comprensibilidad y extendibilidad.

[10] realiza una integración conceptual entre las investigaciones realizadas en CAS y los denominados Sistemas Socio-Ecológicos (SES) que buscan analizar las

relaciones entre las sociedades humanas y los ecosistemas. Proponiendo una tipología conceptual de seis principios organizacionales del CAS basados en revisiones de literatura entre los que se tienen que: están constituidos relacionalmente, que tienen capacidades adaptativas, su dinámica de procesos genera comportamientos CAS, son radicalmente abiertos, son determinados contextualmente, emergen nuevas cualidades a través de casualidades complejas. Este trabajo propone un framework heurístico para identificar métodos y aproximaciones que caractericen los SES y que eventualmente pueden ser trasladados a sistemas de innovación.

[10] realiza una integración conceptual entre las investigaciones realizadas en CAS y los denominados Sistemas Socio-Ecológicos (SES) que buscan analizar las relaciones entre las sociedades humanas y los ecosistemas. Proponiendo una tipología conceptual de seis principios organizacionales del CAS basados en revisiones de literatura entre los que se tienen que: están constituidos relacionalmente, que tienen capacidades adaptativas, su dinámica de procesos genera comportamientos CAS, son radicalmente abiertos, son determinados contextualmente, emergen nuevas cualidades a través de casualidades complejas. Este trabajo propone un framework heurístico para identificar métodos y aproximaciones que caractericen los SES y que eventualmente pueden ser trasladados a sistemas de innovación.

Otros trabajos como [11] se presenta un framework teórico hacen referencia a ecosistemas de innovación y plantean el proceso difusión en innovación como un ecosistema de servicios basado en CAS. Para [12] la difusión es un proceso de cocreación que exige una organización en lo referente a innovación se deba contextualizar dentro de un ecosistema más amplio. El trabajo resalta como lo encargados de la gestión de una organización deben dar relevancia a la

participación de la organización en redes globales de trabajo y con ello identificar y aprovechar las fricciones y contradicciones que existan entre las organizaciones participantes. Para los autores la colaboración entre sistemas complejos implica tener una visión sistemática de la organización que muestre el potencial de la colaboración entre organizaciones y como dicha colaboración contribuye en la creación continua de valor a causa de la emergencia de nuevos recursos y modelos de cooperación entre ellos.

Existen estudios como los presentados en [13] donde se modelan organizaciones como un CAS con el fin de entender cómo se da el proceso de asimilación de innovación tecnológica. Dichos trabajos examinan el concepto de gestión de innovación organizacional apoyándose en los conceptos de fractales y en general CAS para proponer una caracterización de cómo debe abordarse un proceso de respuesta innovativo en organizaciones CAS.

Para lo propuesto en esta investigación es importante revisar autores como [14] que analizan cómo se da la autoorganización en sistemas industriales, partiendo de entender como los sistemas industriales cuentan con una dinámica basada en CAS y definiendo los parámetros (primarios y secundarios) que influyen en la autoorganización basada en sistemas industriales, lo cual les da base para proponer un modelo teórico de cómo se habilita la formación de autoorganización en sistemas industriales. Modelo analizado a la luz de un caso de estudio en el que se considera la formación y gestión de cluster, de redes, de la intervención de financiación externa y de aspectos como la coevolución y la adaptación.

En [15] se analiza cómo debe darse la gestión del cambio a la luz de los CAS y las implicaciones gerenciales que deben

considerarse al involucrar aspectos como retroalimentación, emergencia, atractores y demás aspectos relacionados con sistemas complejos.

A nivel doctoral algunas iniciativas [16] proponen el concepto de sistemas wicked como la intersección entre los sistemas complejos y los sistemas complicados y analizan como dicho concepto de sistemas wicked aporta a la innovación y su gestión y por ende puede aportar al concepto de ecosistemas sociales acá presentado ya que dichos ecosistemas tienen gran similitud. Además en [17] se analizan las organizaciones como sistemas adaptativos en ambientes complejos y propone un framework denominado I-Space (espacio de información institucional) en el que se involucra teoría de la complejidad para lograr hacer abstracciones, codificación y difusión del comportamiento de las organizaciones y de cómo gestionar la complejidad en una organización usando para ello un análisis enfocado al caso de China.

Realizar labores de planificación en sistemas complejos puede representar dificultades en [18] proponen un framework conceptual para realizar gestión estratégica y planificación en organizaciones vistas como CAS y como ello influye en la construcción de políticas y en la gobernanza. El concepto de resiliencia ha venido usándose en [19] para entender las dinámicas locales y regionales de las economías y particularmente cómo se comportan ante cambios y crisis que se generen. En este trabajo se propone un framework conceptual en el que se consideran tres dimensiones críticas que deben ser consideradas en el diseño de políticas asociadas a la gestión de resiliencia económica regional desde el punto de vista de los CAS. Por ello no solo presentan la resiliencia económica regional como un concepto adaptativo, sino que enmarcan acciones políticas para la resiliencia a la luz

de los modos y estructura de gobernanza existentes y de los tipos de políticas de intervención que pueden darse.

En [20] se estudian las interdependencias indirectas que existen en los ecosistemas en que una organización se encuentra inmersa para realizar gestión del cambio. El trabajo hace uso de la teoría de CAS y emplea el uso de redes y grafos para analizar aspectos como la densidad de componentes de interdependencia, la modularidad, los cuellos de botella y con base en ello proponer la construcción de redes de interdependencia de componentes al nivel de ecosistemas de innovación e indicadores para su análisis y medición.

El trabajo presentado en esta investigación se basa en Automatización Inteligente y Ciclos Autónomos, en las que se involucra la fusión de Redes Complejas, Redes Colaborativas, Sistemas Ciberfísicos, Organizaciones Virtuales 4.0 y Blockchain, para lograr la gestión de sistemas de innovación apoyada en el uso de data mining y process mining [21]. La arquitectura para generar bienestar en el cuerpo docente requiere de un modelo formal novedoso que conceptualice los ecosistemas sociales 4.0. Donde, el bienestar se dé como una propiedad emergente del sistema, soportada en otras propiedades que aportan como la autoorganización, la resiliencia, etc. La principal contribución del trabajo radica en mostrar como el bienestar de cada uno de los docentes participantes en la plataforma pueda ser gestionado a la luz de la teoría existente en el campo de sistemas complejos. Teoría, que unida al uso de software inteligente autónomo y reflexivo permita que mediante el uso de ciclos autónomos [22] y automatización inteligente [23] se generen redes complejas que gestionen no solo los actores idóneos a participar en una red de apoyo de innovación dentro del ecosistema, sino, que analice y determine las dinámicas ideales, en pro de lograr

emergencia de innovación en el ecosistema en el cual dicho proyecto está inmerso. El concepto de Organizaciones virtuales presentado en [7] enlaza entonces la teoría de redes complejas, sistemas ciberfísicos, redes colaborativas y Blockchain, en pro de lograr establecer un andamiaje tecnológico que permita dar soporte a la emergencia de bienestar de los docentes al interior de un ecosistema social 4.0.

Sin embargo, en este trabajo se considera que además de tales iniciativas, debe avanzarse en estudios que posibiliten conocimiento para la generación de software autónomo que gestione ecosistemas sociales de forma no solo automática, sino que autónoma y reflexiva. Para ello, los robots deben contar con capacidades para percibir, analizar y adaptarse al ambiente. El soporte para la creación de tales robots y maquinas inteligentes lo dan las tecnologías de automatización inteligente (AI) que son clasificadas en RPA, IPA, AIPA y agentes autónomos (AA) [23]. Las labores de analítica y de conciencia contextual [24]–[27] del robot deben soportarse en MAPE y ciclos autónomos [22]. Acá se considera la automatización inteligente como una tecnología que no es solo una integración de tecnologías de automatización, sino que incorpora la sinergia de la tecnología para empoderar en forma rápida la automatización de procesos de negocio de un extremo a otro y acelerar la transformación digital que implica razonamiento cognitivo, juicios rápidos, descubrimiento de conocimiento y tareas de analítica prescriptiva y cognitiva [23]. Con plataformas generadas a partir de esta arquitectura computacional se logran procesos más eficaces, con eficiencia operacional, adaptación al cambio en los ambientes en que estén inmersos y rendimientos del nivel de la inteligencia humana e incluso más óptimos, que como se propone en este trabajo deben ser aprovechados para lograr gestión autónoma

y reflexiva de sistemas complejos sociales como un ecosistema laboral. Contribuyendo, particularmente, a la gestión de la emergencia de innovación en un ecosistema. Los agentes autónomos presentados como la tecnología de más alta jerarquía en automatización inteligente guardan estrecha relación con el concepto de ciclos autónomos que se presentará en adelante. Como ya se mencionó una plataforma que se implemente como agente autónomo requiere contar en su interior con la implementación de un ciclo autónomo que garantice al agente autónomo (robot) realizar tareas de analítica cognitiva y abordar procesos de toma de decisiones automatizados. Ciclos Autónomos que se ajustan al paradigma de computación autónoma[28], orientado a dotar de propiedades autónomas a sistemas basados en un ciclo de control inteligente conocido como MAPE[28].

El ciclo autónomo basado en MAPE (y por ende el robot encargado de generar y gobernar OCC), requiere un buen entendimiento del sistema para tomar las mejores decisiones. Para ello estos sistemas usan bases de conocimiento e implementan tareas de análisis de datos. De acuerdo a lo descrito en [29], un ciclo autónomo de tareas de análisis de datos (ACoDAT), es un tipo de ciclo de control inteligente para la supervisión que permite la búsqueda de objetivos estratégicos alrededor de un problema (esto es un ciclo MAPE). Un ACoDAT integra un conjunto de tareas de análisis de datos que actúa autónomamente y colectivamente, en orden de alcanzar los objetivos estratégicos propuestos por este. Cada tarea interactúa con las otras y tiene un rol específico en el ciclo [22]: Observando la supervisión de procesos, analizando e interpretando que sucede, y tomando decisiones que permiten alcanzar los objetivos para los cuales el ciclo MAPE fue diseñado. En general, Aguilar [22], [29] piensan que las tareas de analítica de datos

pueden ser basadas en técnicas de minería del todo, tales como minería de datos, minería semántica, minería ontológica, minería de procesos, minería de servicios, análisis de sentimientos, minería de redes sociales, entre otros.

Para el diseño de una arquitectura computacional inteligente se requiere combinar áreas de la inteligencia artificial, como: ciencias de datos, automatización inteligente [23] y Blockchain. Permitiendo con ello que este tipo de arquitecturas posibiliten realizar contratos inteligentes[30], gestión de propiedad intelectual, emparejamiento inteligente de perfiles, gestión de historias clínicas, caracterización emocional. En forma complementaria, es importante considerar la minería de procesos presentada en [21] como un instrumento central para lograr emerger bienestar en los docentes incorporados en la plataforma. Minería que ha evolucionado a trabajos como los presentados en [31] donde se proporciona todo un framework teórico conceptual que cimienta lo propuesto en esta investigación y trabajos como [32].

Materiales y métodos

Para el diseño metodológico de la investigación se utilizó un enfoque experimental-descriptivo. En forma particular, se utilizaron métodos adaptados de las ciencias computacionales y técnicas de inteligencia artificial para la especificación de la arquitectura inteligente. En la figura 1 se presentan las etapas del proceso de investigación, las cuales parten de la identificación de requerimientos funcionales y no funcionales de la arquitectura, generando la especificación de la arquitectura inteligente. En una segunda etapa se lleva a cabo el Análisis generando un artefacto denominado modelo de análisis, el cual hace una especificación a nivel funcional, a nivel de datos y a nivel dinámico. En una tercera etapa, se lleva a cabo el diseño, el cual se segmenta en diseño de alto nivel y diseño de bajo nivel, particularmente en el diseño de alto nivel se identifican las capas de la arquitectura inteligente y en el diseño de bajo nivel se especifican cada uno de los componentes que se encapsulan en las capas y los servicios que prestan.

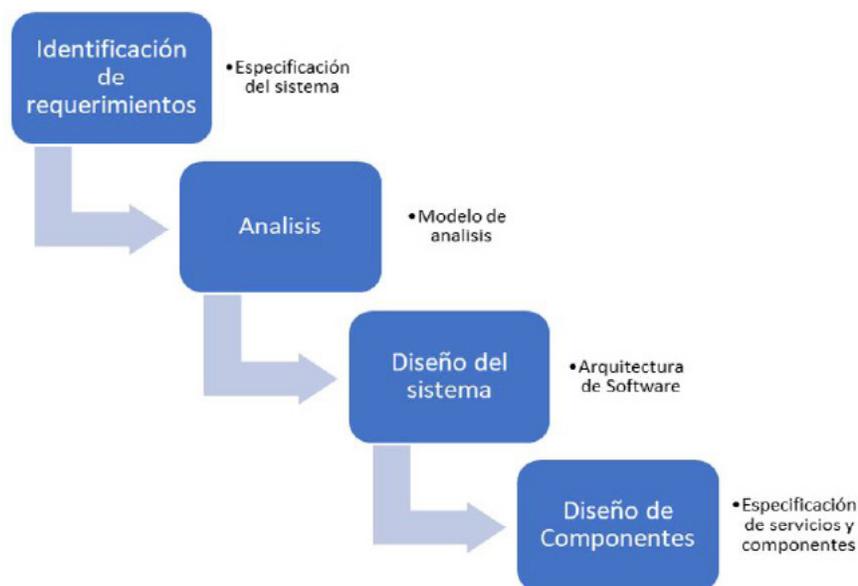


Figura 1. Etapas del proceso de investigación

El proceso inicia con la etapa de identificación de requerimientos, en la cual se identifican

y describen los requerimientos funcionales y no funcionales de la arquitectura inteligente. En forma específica, los requerimientos funcionales hacen referencia a las funcionalidades que debe soportar la arquitectura inteligente y los requerimientos no funcionales son aquellos requerimientos por los cuales deben propender los desarrolladores pero que no tienen una correspondencia directa con los servicios del sistema. En esta etapa se genera un artefacto denominado especificación del sistema.

La segunda etapa, corresponde al Análisis y en forma específica se genera el modelo de análisis, el cual está estructurado en tres modelos independientes, el modelo funcional, el modelo de datos y el modelo dinámico. El modelo funcional describe los servicios o funcionalidades que debe soportar la arquitectura, el modelo de datos especifica la estructura de almacenamiento persistente que soporta el sistema y el modelo dinámico especifica la secuencia de aparición de objetos en cada funcionalidad. La tercera etapa, denominada diseño del sistema especifica la arquitectura de software, la cual es un modelo estructural en el cual a través de heurística identifica los subsistemas o capas que conforman la arquitectura. Adicionalmente, en esta etapa se deben especificar los servicios que ofrece una capa a la otra. En forma específica, se identificaron las capas denominadas servicios de bienestar y la capa de adquisición y gestión de conocimiento. En forma complementaria, en esta etapa se deben especificar la lista de objetivos de diseño, los cuales guardan una correspondencia directa con los requerimientos no funcionales.

En la cuarta etapa, correspondiente al diseño de objetos o componentes, se lleva a cabo la especificación de atributos y métodos de cada uno de los componentes que conforman la arquitectura.

Resultados y discusión

La arquitectura especificada busca la optimización y personalización del bienestar, el mejoramiento de la calidad de vida de cada individuo y por ende de la sociedad en general. La arquitectura se basa en redes de apoyo modeladas como un sistema adaptativo complejo en el que se vea el bienestar como un proceso mucho más abierto, que ofrezca servicios personalizados, dinámicos, innovadores, y donde se hace necesario contar con las distintas tecnologías de industria 4.0.

Los ecosistemas sociales son un tipo de sistema complejo [33], [34], en los cuales se muestra como la autoorganización y la emergencia son propiedades fundamentales de los sistemas complejos y se explica la influencia que la teoría del caos tiene en dicho tipo de sistemas. Al ser un ecosistema social un sistema complejo todas sus propiedades se ajustan a ellos. Propiedades tales como no linealidad, interdependencia y emergencia. Tales ecosistemas sociales son concebidos como un conjunto de redes de apoyo modeladas mediante redes complejas colaborativas[34]–[36], dedicadas a impulsar el tema de redes colaborativas 4.0 y en las que se revisan diversas temáticas asociadas a como las redes colaborativas y la industria 4.0 son fusionadas para lograr modelos de negocio colaborativos, para generar plataformas colaborativas y organizaciones virtuales 4.0.

Para la gestión y optimización de los ecosistemas sociales se requiere de una plataforma computacional inteligente, cuya arquitectura contemple el bienestar y todo el conocimiento asociado con la caracterización ciber física, como un sistema dinámico adaptativo complejo, en el que cada componente participante (nodo social) es un sistema ciberfísico [6] que interactúa con los demás nodos, usando las distintas

tecnologías relacionadas con la industria 4.0. Dentro de este ecosistema, cada persona es considerada como un ente ciberfísico, que recibe un acompañamiento adaptativo y que interactúa con los demás componentes ciberfísicos que pertenecen al ecosistema social. La plataforma debe concebir a cada docente como un nodo ciberfísico de la red o diversos docentes, en la plataforma se debe involucrar la implantación de la analítica del aprendizaje, el aprendizaje adaptativo y la realidad virtual.

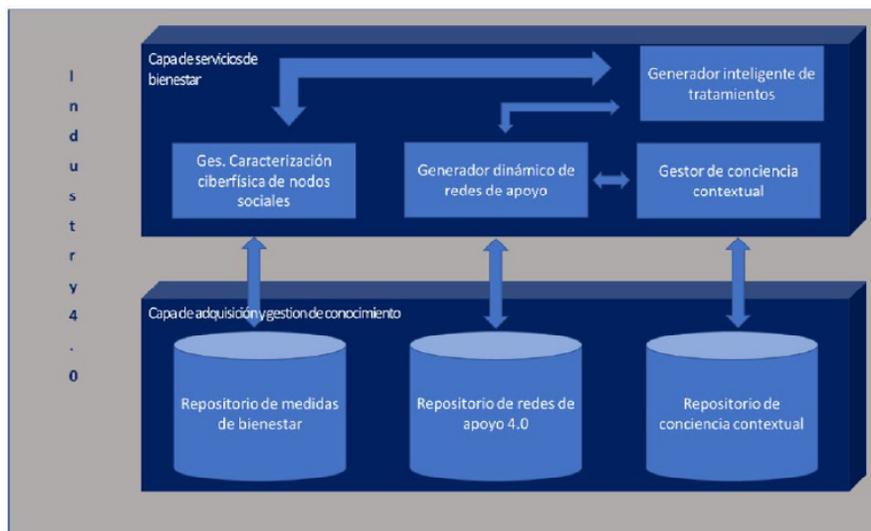


Figura 2. Arquitectura computacional para la gestión de bienestar

La figura 2 especifica los distintos componentes de la arquitectura agrupados en dos capas fundamentales la capa de servicios de bienestar y la capa de adquisición y gestión de conocimiento.

Capa de servicios de bienestar

Esta capa es la encargada de implementar los diversos servicios que cooperen en proporcionar a los diversos usuarios (representados como nodos sociales) redes de acompañamiento que le permitan mejorar su bienestar considerando no solo su caracterización ciberfísica sino en general la conciencia contextual y se compone de los siguientes servicios inteligentes:

- Gestor de caracterización ciberfísica de nodos sociales
- Gestor de conciencia contextual
- Generador dinámico de redes de apoyo

- Generador inteligente de tratamientos.

Dentro de la arquitectura se trata de una capa que proporciona mecanismos de integración y soporta los distintos puntos de acceso requeridos por la Plataforma mediante el consumo de las API que se contemplan en cada uno de los cuatro componentes descritos.

Gestor de caracterización ciberfísica de nodos sociales.

Es el encargado de digitalizar cada uno de los actores del ecosistema social. Al hablar de digitalización se hace referencia a realizar una representación digital de cada ente físico que participa en el proceso. Dicho gestor aporta el insumo fundamental para conformar nodos sociales 4.0, los cuales deben soportarse en las tecnologías asociadas con industria 4.0 para lograr

comportamientos inteligentes y soporte adecuado en la toma de decisiones. Tal caracterización se debe realizar conforme a los fundamentos del desarrollo de sistemas ciberfísicos colaborativos (CCPS) [14].

Gestor de conciencia contextual.

Es el encargado de cosechar la información relacionada con el entorno en el que los diversos nodos sociales se desenvuelven. Este gestor permite brindar información que personalice y adapte los tratamientos y acompañamientos sugeridos considerando no solo la caracterización del individuo sino el entorno que lo rodea.

Generador dinámico de redes de apoyo.

Es el encargado de coordinar la formación de redes de apoyo al bienestar. Cada red de apoyo al bienestar se asocia con el proceso de adquisición de experiencia de un miembro del ecosistema (nodo social 4.0). El generador no realiza una articulación rígida de las redes, sino que se encarga de mediar en los procesos de conexión entre nodos sociales 4.0. El generador de redes debe ejecutar procesos de apoyo basados en minería de datos y minería de procesos que logren una coordinación inteligente que le permitan incluir la conciencia contextual adquirida, logrando así que las redes de apoyo generadas se adapten no solo al docente sino al contexto en el cual se encuentre inmerso dicho docente. Las redes de apoyo generadas deben ser gestionadas a la luz de las organizaciones virtuales 4.0 cuyo metamodelo de caracterización, en donde la organización virtual se basa en el uso de las tecnologías de la Industria 4.0 [15].

Generador inteligente de tratamientos.

A partir de la red de apoyo de un individuo el generador inteligente de tratamientos realiza un proceso dinámico y permanente

en el que se sugiera a cada uno de los nodos sociales del ecosistema que lo soliciten procesos de tratamiento (representados en actividades de acompañamiento). Una secuencia de acompañamiento se constituye como un conjunto de recomendaciones en el que se indica con que personas interactuar, que tipo de actividades realizar, que dieta seguir, que cuidados del cuerpo frecuentar, que tipo de actividades laborales realizar, que formación le conviene recibir. El generador inteligente de tratamientos debe considerar que cada uno de los participantes en la red tiene sus propios intereses de bienestar de tal manera que las secuencias de acompañamiento generadas optimicen el beneficio de los diversos participantes en el proceso.

Capa de adquisición y gestión de conocimiento.

La capa de adquisición y gestión de conocimiento está conformada por los diferentes repositorios que almacenan el conocimiento requerido para el funcionamiento del ecosistema social. Esta capa está conformada por los siguientes repositorios:

- Repositorio de medidas de bienestar
- Repositorio de redes de apoyo 4.0
- Repositorio de conciencia contextual

Repositorio de medidas de bienestar.

Es el repositorio encargado de almacenar distintos tipos de conocimiento que caractericen a cada docente haciendo énfasis especial en medidas fisiológicas y emocionales derivadas de neuroseñales incluyendo además aspectos laborales, académicos, sociales y recreativos que influyen directamente en el bienestar y la calidad de vida de los docentes. El repositorio abarca los siguientes tipos de conocimiento de cada docente:

- Certificados de formación: Que registren los procesos de formación realizados.
- Medidas fisiológicas (presión arterial, sueño, estrés) encargadas de caracterizar el estado de ánimo de cada nodo.
- Actividades sociales, recreativas y deportivas realizadas por cada nodo con el objeto de lograr razonar sobre su estado de salud y bienestar.
- Caracterización social que permita conocer con quienes interactúa cada actor y las formas en que lo hace.
- Características derivadas de neuroseñales que indiquen los niveles de actividad cerebral ante ciertos estímulos específicos.
- Perfiles laborales que establezcan en que tipo de roles se ha desempeñado un docente.

Repositorio de redes de apoyo 4.0.

Dado que el ecosistema social es concebido como una red de redes de apoyo que generan un sistema complejo. Este repositorio almacena las redes de apoyo generadas alrededor de un docente y se constituyen por distintos actores, cada uno de los que se representará como un nodo de una red compleja en la que cada interacción entre actores será representada como una arista de unión de dichos actores en la red compleja. Los diversos actores participantes pueden ser:

- Docente
- Empleador
- Instituciones
- Stakeholders

Cada una de las redes almacenadas en este repositorio constituyen una organización

virtual 4.0 cuya estructura y dinámica se modela y analiza mediante la unión de ciencia de redes, ciencia de procesos y ciencia de datos. Las organizaciones Virtuales buscan integrar distintos actores con el fin de lograr un objetivo común fusionando procesos y roles en forma temporal y apalancados en tecnologías 4.0 generando un contexto colaborativo que posibilite compartir procesos y recursos para lograr la ejecución de procesos de forma óptima.

Repositorio de Conciencia contextual.

Tanto el generador dinámico de redes de apoyo, como el generador inteligente de tratamientos requieren de contar con conciencia contextual que aporte el conocimiento necesario para que la gestión de bienestar realizada siempre esté acorde con los requerimientos del contexto. La conciencia de contexto influye directamente en la generación dinámica de redes de apoyo dado que los nodos elegidos para una red de apoyo no solo deben seleccionarse por métricas sino tener en cuenta en el contexto en que está inmerso el docente pues el bienestar no se da siempre en la misma forma.

Conclusiones

En la arquitectura para la gestión de bienestar basada en industria 4.0 los individuos deben cambiar su estructura, pasando de ser objetos estáticos a ser agentes inteligentes dinámicos que participan de la construcción de redes complejas. Las redes deben ser compuestas de sistemas ciberfísicos colaborativos CCPS en los que se incluyen personas, organizaciones contratantes, objetos de aprendizaje, fuentes de conocimiento, experiencias laborales. Por tanto, los nodos sociales 4.0 deben ser sistemas ciberfísicos colaborativos inteligentes autónomos y reflexivos que sean capaces de tomar decisiones de acuerdo

con su conocimiento. Adicionalmente, se debe identificar el valor agregado que puede aportar cada nodo social a la red de acompañamiento de un individuo y en forma complementaria que puede aprender dicho nodo de esa participación.

El alcance de la arquitectura se especifica a través de la existencia de motores de generación dinámicos de redes de apoyo y acompañamiento, en los que los distintos agentes involucrados deben decidir qué tan favorable es participar en la red. Para ello deben contar con funciones de utilidad que les permita maximizar el índice de participación. En el caso de los nodos sociales deben buscar mejorar su ranking de uso para lo cual no deben participar si consideran que su aporte no va a ser de real utilidad en la red que se esté conformando. Es importante resaltar que el bienestar debe emerger como un proceso de interacción social, académica, laboral y cultural que mejore las condiciones de vida de los individuos como producto de su participación en diversas redes de apoyo y acompañamiento.

Cada nodo social se concibe como un agente autónomo y reflexivo. Autónomo en el sentido que debe poder reservarse el derecho de participar o no en cierta red de apoyo y acompañamiento. Para ello el nodo social 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 (para lo cual contribuye en gran medida los ciclos autónomos soportados en minería de datos y minería de procesos). 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 la interacción de los diversos actores del ecosistema social en que está inmerso en pro de lograr optimizar los niveles de bienestar.

Referencias

- [1] J. Tranquillo, “An Introduction to Complex Systems Making Sense of a Changing World”
- [2] J. Holland, “Sistemas Adaptativos Complejos”, 1996
- [3] J. Holland, *Adaptation in Natural and Artificial Systems: An Introductory Analysis with Applications to Biology, Control, and Artificial Intelligence*, 1992
- [4] J. H. Holland, “and Spontaneous Emergence,” no. III, 2002
- [5] R. Van Der Hofstad, “Random graphs and complex networks”, 2021
- [6] A. A. Nazarenko and L. M. Camarinha-Matos, *Basis for an Approach to Design Collaborative Cyber-Physical Systems*, vol. 553. Springer International Publishing, 2019. doi: 10.1007/978-3-030-17771-3_16
- [7] C.-P. Lopez, M. Santorum, and J. Aguilar, “FAVO: Framework de Gestión Autónoma de Organizaciones Virtuales basado en la Industria 4.0”
- [8] M. Tsujimoto, Y. Kajikawa, J. Tomita, and Y. Matsumoto, “A review of the ecosystem concept — Towards coherent ecosystem design,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 136, pp. 49–58, Nov. 2018, doi: 10.1016/j.techfore.2017.06.032
- [9] T. Guggenberger, F. Möller, and T. Haarhaus, “Ecosystem types in information systems,” 2020. [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/341188637>
- [10] R. Preiser, R. Biggs, A. De Vos, and C. Folke, “Social-ecological systems as

- complex adaptive systems: Organizing principles for advancing research methods and approaches,” *Ecology and Society*, vol. 23, no. 4, 2018, doi: 10.5751/ES-10558-230446
- [11] S. L. Vargo, M. A. Akaka, and H. Wieland, “Rethinking the process of diffusion in innovation: A service-ecosystems and institutional perspective,” *Journal of Business Research*, vol. 116, no. December 2018, pp. 526–534, 2020, doi: 10.1016/j.jbusres.2020.01.038
- [12] E. M. Rogers, U. E. Medina, M. a Rivera, and C. J. Wiley, “Complex Adaptive Systems and The Diffusion of Innovations,” *The Innovation Journal: The Public Sector Innovation Journal*, vol. 10, no. 3, pp. 1–26, 2005
- [13] A. E. Hagsall, N. Ahituv, and N. Naveh, “Effective assimilation of technological innovation in an organization characterized ?as a Complex Adaptive System,” *Journal of Innovation Management*, vol. 7, no. 2, pp. 38–58, 2019, doi: 10.24840/2183-0606_007.002_0004
- [14] K. Grumadaitė, “Enabling the formation of self-organisation based industrial system”, Summary of Doctoral Dissertation Social Sciences, Management (03S), Kaunas *University of technology*, p. 40, 2018
- [15] R. J. Blomme, “Leadership, complex adaptive systems, and equivocality: The role of managers in emergent change,” *Organisation Management Journal*, vol. 9, no. 1, pp. 4–19, 2012, doi: 10.1080/15416518.2012.666946
- [16] P. Törnberg, “Innovation in Complex Adaptive Systems,” pp. 1–49, 2014
- [17] M. Boisot and J. Child, “Organizations as Adaptive Systems in Complex Environments: The Case of China,” *Organization Science*, vol. 10, no. 3, pp. 237–252, 1999, doi: 10.1287/orsc.10.3.237
- [18] T. Bovaird, “Emergent strategic management and planning mechanisms in complex adaptive system,” *Public Management Review*, vol. 10, no. 3, pp. 319–340, 2008, doi: 10.1080/14719030802002741
- [19] G. Bristow and A. Healy, “Building Resilient Regions: Complex Adaptive Systems and the Role of Policy Intervention,” *Raumforsch Raumordn*, vol. 72, no. 2, pp. 93–102, 2014, doi: 10.1007/s13147-014-0280-0
- [20] A. S. N. Burford, “How Ecosystem Structure Affects Firms’ Adaptation to Environmental Changes,” *Journal of Chemical Information and Modeling*, vol. 53, no. 9, pp. 1689–1699, 2013
- [21] W. van der Aalst, *Process mining: Data science in action*. 2016. doi: 10.1007/978-3-662-49851-4
- [22] J. Aguilar, M. Sánchez, J. Cordero, P. Valdiviezo-Díaz, L. Barba-Guamán, and L. Chamba-Eras, “Learning analytics tasks as services in smart classrooms,” *Universal Access in the Information Society*, vol. 17, no. 4, pp. 693–709, 2018, doi: 10.1007/s10209-017-0525-0
- [23] K. K. H. Ng, C. H. Chen, C. K. M. Lee, J. (Roger) Jiao, and Z. X. Yang, “A systematic literature review on intelligent automation: Aligning concepts from theory, practice, and future perspectives,” *Advanced Engineering Informatics*, vol. 47, no. December 2020, p. 101246, 2021, doi: 10.1016/j.aei.2021.101246

- [24]M. H. Huang and R. T. Rust, “Artificial Intelligence in Service,” *Journal of Service Research*, vol. 21, no. 2, pp. 155–172, 2018, doi: 10.1177/1094670517752459
- [25]R. I. Ogie, S. O’Brien, and F. M. Federici, “Towards using agent-based modelling for collaborative translation of crisis information: A systematic literature review to identify the underlying attributes, behaviours, interactions, and environment of agents,” *International Journal of Disaster Risk Reduction*, no. July, p. 102717, 2021, doi: 10.1016/j.ijdr.2021.102717
- [26]L. Fiorini, “How artificial intelligence will change the future of bullion production,” *42nd International Precious Metals Institute Annual Conference, IPMI 2018*, pp. 60–69, 2018
- [27]E. E. Makarius, D. Mukherjee, J. D. Fox, and A. K. Fox, “Rising with the machines: A sociotechnical framework for bringing artificial intelligence into the organization,” *Journal of Business Research*, vol. 120, no. November 2019, pp. 262–273, 2020, doi: 10.1016/j.jbusres.2020.07.045
- [28]C. Guevara and R. Garcia, “MIDRA-OAA: Middleware Reflexivo Autonomico para la gestión de Objetos de Aprendizaje Adaptativos.” [Online]. Available: <https://www.researchgate.net/publication/350710343>
- [29]M. Sánchez, E. Exposito, and J. Aguilar, “Autonomic computing in manufacturing process coordination in industry 4.0 context,” *J Ind Inf Integr*, vol. 19, no. 2014, 2020, doi: 10.1016/j.jii.2020.100159
- [30]Z. Zheng et al., “An overview on smart contracts: Challenges, advances and platforms,” *Future Generation Computer Systems*, vol. 105, pp. 475–491, 2020, doi: 10.1016/j.future.2019.12.019
- [31]J. Yang, C. Ouyang, W. M. P. van der Aalst, A. H. M. ter Hofstede, and Y. Yu, “OrdinoR: A framework for discovering, evaluating, and analyzing organizational models using event logs,” *Decision Support Systems*, vol. 158, Jul. 2022, doi: 10.1016/j.dss.2022.113771
- [32]V. Pasquadibisceglie, A. Appice, G. Castellano, and W. der Aalst, “PROMISE: Coupling Predictive Process Mining to Process Discovery,” *Information Sciences*, Aug. 2022, doi: 10.1016/j.ins.2022.05.052
- [33]J. Ramezani and L. M. Camarinha-Matos, “A collaborative approach to resilient and antifragile business ecosystems,” *Procedia Computer Science*, vol. 162, no. Itqm 2019, pp. 604–613, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.12.029
- [34]J. Ramezani and L. M. Camarinha-Matos, “A collaborative approach to resilient and antifragile business ecosystems,” *Procedia Computer Science*, vol. 162, no. Itqm 2019, pp. 604–613, 2019, doi: 10.1016/j.procs.2019.12.029
- [35]P. Graça and L. M. Camarinha-Matos, “Performance indicators for collaborative business ecosystems — Literature review and trends,” *Technological Forecasting and Social Change*, vol. 116, pp. 237–255, 2017, doi: 10.1016/j.techfore.2016.10.012
- [36]P. Graca, L. M. Camarinha-Matos, and F. Ferrada, “A Model to Assess Collaboration Performance in a Collaborative Business Ecosystem,” *IFIP Advances in Information and Communication Technology*, vol. 553, pp. 3–13, 2019, doi: 10.1007/978-3-030-17771-3_1