

Aplicando KMoS-SSA como estrategia de gestión del conocimiento y enfoque sistémico para la conceptualización de soluciones

Applying KMoS-SSA as a knowledge management strategy and systemic approach for conceptualizing solutions

Lic. Omar Humberto Wong Nogueira¹, Ing. Edgar Montoya Vergara¹, Dra. Karla Miroslava Olmos Sánchez¹ ,
Dr. Jorge Enrique Rodas Osollo¹ , Mtro. David García Chaparro¹

¹Maestría en Cómputo Aplicado, Departamento de Ingeniería Eléctrica y Computación, Instituto de Ingeniería y Tecnología, Universidad Autónoma de Ciudad Juárez, Ciudad Juárez, Chihuahua, México

RESUMEN

La era cognitiva representa una transformación en la que el conocimiento y la inteligencia, tanto humana como artificial, impulsan los procesos de innovación y desarrollo. En este contexto, algunas organizaciones pueden considerarse como ecosistemas cognitivos, ya que permiten la integración de datos, tecnologías avanzadas y habilidades humanas para la toma de decisiones inteligentes. Estos ecosistemas definen los ámbitos en los que se toman decisiones y se conceptualizan soluciones para hacer frente a las situaciones problemáticas. Sin embargo, conceptualizar y diseñar soluciones factibles y deseables para estos dominios complejos representan un reto debido a la multiplicidad de factores, a la ambigüedad, al dinamismo del entorno y a la naturaleza mayormente tácita del conocimiento de los especialistas. Este artículo describe la aplicación del marco metodológico KMoS-SSA a dos casos reales con características de dominios complejos de estructura informal, el cual está diseñado para guiar la conceptualización y especificación de soluciones deseable y factibles utilizando la gestión del conocimiento y el pensamiento sistémico. El presente artículo tiene como objetivo evidenciar cómo la aplicación del marco metodológico KMoS-SSA facilitó la conceptualización de soluciones factibles y deseables en dos contextos significativamente diferentes, respondiendo de manera estructurada a las necesidades específicas de cada dominio.

PALABRAS CLAVE: marco metodológico KMoS-SSA; gestión del conocimiento; dominios complejos de estructura informal.

ABSTRACT

The cognitive era represents a transformation in which knowledge and intelligence, both human and artificial, drive innovation and development processes. In this context, cognitive ecosystems enable the integration of data, advanced technologies, and human skills for intelligent decision-making. These ecosystems define the domains in which decisions are made, and actions are taken to address problematic situations. However, conceptualizing and designing solutions for these complex ecosystems is challenging due to the multiplicity of factors, ambiguity, dynamism of the environment, and the vastly quantity of tacit knowledge. This article describes the application of the KMoS-SSA methodological framework to two real cases with characteristics of informally structured complex domains. The strategy is designed to guide the conceptualization and specification of solutions using knowledge management and systemic thinking. The objective of the article is to show how, through the KMoS-SSA methodological strategic framework, two significantly different challenging situations were able to develop desirable, viable, and effective solution proposals that addressed the needs of both domains.

KEYWORDS: KMoS-SSA methodological framework; knowledge management; complex domains with informal structure.

Correspondencia:

DESTINATARIO: Dra. Karla Miroslava Olmos Sánchez
INSTITUCIÓN: Universidad Autónoma de Ciudad Juárez / Instituto de Ingeniería y Tecnología
DIRECCIÓN: Av. del Charro núm. 450 norte, col. Partido Romero, C. P. 32310, Ciudad Juárez, Chihuahua, México
CORREO ELECTRÓNICO: kolmos@uacj.mx

Fecha de recepción: 21 de noviembre de 2024. **Fecha de aceptación:** 11 de marzo de 2025. **Fecha de publicación:** 21 de marzo de 2025.



I. INTRODUCCIÓN

Los Dominios Complejos de Estructura Informal (DCEI) se refieren a sistemas o entornos en los que las relaciones y las interacciones de sus elementos no siguen una jerarquía o estructura formal claramente definida, lo que provoca grandes cantidades de incertidumbre y ambigüedad. En estos dominios, el conocimiento de las personas involucradas evoluciona rápidamente, lo que da lugar a concepciones del mundo diferentes y a veces contradictorias. Por tal motivo, la definición de conceptos y sus conexiones asociadas, así como las influencias entre ellos, pueden ser dinámicas y cambiantes, lo que hace que se generen propiedades emergentes y que el conocimiento de los involucrados sea mayormente tácito [1]. Estos dominios son comunes en organizaciones modernas, donde las estructuras jerárquicas tradicionales están siendo remplazadas por redes más flexibles y adaptativas que pueden responder mejor a los cambios rápidos y a la incertidumbre del entorno empresarial.

De acuerdo con Nonaka y Takeuchi [2], el conocimiento tácito es difícil de codificar, expresar o comunicar de manera formal, pues se basa en la experiencia personal, habilidades, intuiciones y la perspectiva única de un individuo, y es altamente subjetivo y contextual, ya que se desarrolla a través de la interacción y la práctica. Estos autores proponen el modelo SECI (Socialization, Externalization, Combination and Internalization) basado en la teoría de creación del conocimiento, el cual sigue siendo relevante en la actualidad para la gestión y mejora del conocimiento en entornos organizacionales complejos [3].

La *conceptualización de soluciones* es el proceso de explicitar, definir, estructurar y modelar una idea para abordar un problema, considerando las diferentes expectativas y prioridades de los involucrados en un dominio de aplicación —contexto específico en el que un software opera y resuelve problemas—. Por otro lado, la *especificación de una solución* es el proceso en el que se definen sus requisitos y restricciones que garanticen que sea apropiada al dominio de aplicación.

Conceptualizar y especificar soluciones en DCEI es una experiencia desafiante que no puede abordarse con enfoques tradicionales que utilicen estructuras rígidas y procesos lineales. Se requiere de un marco metodológico que permita a los *proveedores de soluciones* —entidades o personas que diseñan, desarrollan e implementan so-

luciones tecnológicas para resolver necesidades específicas dentro de un dominio de aplicación— comprender, modelar y gestionar la incertidumbre, la ambigüedad, la evolución del conocimiento y las diversas perspectivas de todos los involucrados en el proyecto. Cabe resaltar que generalmente estos proveedores de soluciones son ajenos a los dominios u organizaciones, por lo que deben apropiarse del conocimiento de los especialistas en un tiempo relativamente corto para transformarlo en soluciones deseables y factibles.

El marco metodológico KMoS-SSA (Knowledge Management of Strategic options through Soft Systemic Analysis) está diseñado para guiar la conceptualización y especificación de soluciones en dominios complejos de estructura informal, ya que incorpora de forma armónica la *teoría de creación del conocimiento* de Nonaka y Takeuchi [2] y la *perspectiva de sistemas suaves* de Checkland [4], el cual proporciona, las técnicas y herramientas para una perspectiva holística en la que se consideren de manera efectiva las diversas visiones de los actores en la búsqueda de posibles soluciones. Por otro lado, KMoS-SSA tiene como núcleo el modelo SECI para gestionar de forma efectiva el conocimiento tanto explícito como tácito de todos los involucrados en el proyecto.

Este artículo describe la aplicación del marco metodológico KMoS-SSA a dos casos reales que cumplen con las características de DCEI. El primero es la generación de estrategias para abordar el proceso de acreditación del programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ). El segundo es la conceptualización y especificación de requisitos de un sistema de software para el análisis de datos de la gestión de ergonomía en las organizaciones. La justificación del porqué ambos casos se consideran como DCEI se explicará en los siguientes párrafos.

Actualmente, las Instituciones de Educación Superior (IES) de las universidades públicas en México están obligadas a someter sus programas académicos a procesos de acreditación para asegurar los resultados de aprendizaje de los estudiantes y la reputación de la institución. En [5] se define este proceso como complejo debido a la variedad de actores involucrados y por las diferentes dimensiones de calidad. En particular, en este artículo se considera que los procesos de acreditación en las IES se pueden considerar como DCEI. Aunque en estas instituciones existen actores con jerarquías y puestos bien

delimitados, en el proceso de acreditación se involucran múltiples actores como autoridades, docentes, alumnos y evaluadores con diferentes niveles de influencia e interacción, cuyo conocimiento depende de su rol en el dominio, lo que crea redes flexibles para la toma de decisiones. Por otro lado, los criterios de acreditación pueden cambiar con el tiempo y adaptarse a nuevas normativas y cada actor puede interpretarlos de forma diferente, lo que genera múltiples enfoques en cuanto a su cumplimiento. Por lo tanto, el conocimiento de los procesos de acreditación es dinámico, lo que obliga a las instituciones a mejorar sus estrategias para alcanzar y demostrar la calidad educativa. Aunado a esto, las decisiones del proceso son subjetivas y dependen de la experiencia y juicio de los evaluadores. Además, se presentan propiedades emergentes que surgen del proceso de acreditación, como la innovación educativa y la reestructuración de programas académicos.

De manera general, el proceso de especificación de requisitos de un sistema de software es una actividad compleja debido a que se tienen que gestionar las intrincadas interacciones de los sistemas, tratar con incertidumbre y ambigüedad en la elicitación de requisitos, atender los requisitos en evolución y garantizar el consenso entre los actores involucrados [6]. Aunado a esto, cuando el dominio de aplicación es la gestión de la ergonomía en las cadenas de suministro se puede considerar un DCEI, en el que se involucran diversos actores como proveedores, fabricantes, transportistas, distribuidores y clientes con diferentes niveles de influencia, ya que la ergonomía debe gestionarse de manera transversal. Además, existe alta incertidumbre y ambigüedad, debido a que los factores ergonómicos dependen de varios aspectos, como las condiciones de trabajo, las regulaciones laborales y la evolución tecnológica. Por otro lado, existen grandes cantidades de conocimiento tácito, ya que muchas decisiones dependen de la percepción y la experiencia en el campo.

Dada esta complejidad, existe una expectativa significativa de proveer soluciones innovadoras. Sin embargo, es crucial hacer frente a estos desafíos considerando las características únicas de los dominios complejos. Esto implica el desarrollo de alternativas que tengan en cuenta el conocimiento, tanto tácito como explícito, de los involucrados en el dominio y el uso del enfoque sistémico flexible que permita abordar la complejidad a partir de estas dos estrategias: conceptualizar y especificar soluciones deseables y factibles.

El resto del presente documento está organizado de la siguiente manera: en lo que resta de la sección se presentan los fundamentos teóricos, como son la gestión de conocimiento, el enfoque de sistemas flexibles y la fusión de ambos. En la sección II se presenta el marco metodológico KMoS-SSA, que consiste en el ciclo de creación de conocimiento y el modelo de proceso. Además, se explican los dos casos de aplicación. En la sección III se describen los resultados y discusiones. Por último, en la IV se presentan las conclusiones y los trabajos futuros.

1.1. FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1.1. Gestión de Conocimiento

Unos de los ejes fundamentales del marco metodológico KMoS-SSA es la *gestión de conocimiento*, enfoque sistemático utilizado en las organizaciones y orientado a la elicitación, externalización, organización y distribución del conocimiento, con el propósito de optimizar su utilización en los procesos de innovación y de automatización de procesos, con el fin de fortalecer su competitividad [7]. La gestión del conocimiento no se limita al conocimiento explícito almacenado en documentos, bases de datos o manuales, sino que incluye y le da más importancia a la gestión de conocimiento tácito, arraigado en experiencias, habilidades y percepciones individuales.

Una de las contribuciones teóricas más importantes es la teoría de creación de conocimiento propuesta en [2] y conocida como el modelo SECI. Este marco conceptual describe cómo el conocimiento explícito y el tácito interactúan y se transforman en un ciclo perpetuo en el que el conocimiento de las personas involucradas evoluciona constantemente. La *socialización* facilita la transferencia de conocimiento tácito a través de la interacción directa y la experiencia compartida; la *externalización* permite la conversión de conocimiento tácito en explícito mediante su articulación en documentos, modelos o teorías; la *combinación* integra y sintetiza conocimiento explícito proveniente de diversas fuentes y la *internalización* asimila el conocimiento explícito en tácito a través de la práctica y la aplicación.

Aplicar sistemáticamente la gestión de conocimiento en la conceptualización y especificación de soluciones en DCEI es esencial para capturar el conocimiento mayormente tácito de los especialistas e incorporarlo en las soluciones. Como se mencionó anteriormente, de

forma general las soluciones para estos dominios se conceptualizan y desarrollan por un grupo de proveedores de soluciones ajenos al dominio u organizaciones, quienes tienen que entender en un tiempo relativamente corto las necesidades de los especialistas y transformarlas en una propuesta de solución. En [8] se destaca la importancia de la elicitación del conocimiento tácito en organizaciones, especialmente para que los novatos puedan aprovechar el conocimiento de los expertos. Un desafío común es la falta de consenso entre expertos al extraer dicho conocimiento, debido a las diferencias en la interpretación de actividades complejas.

1.1.2. Enfoque de Sistemas Flexibles

La Metodología de Sistemas Blandos (Soft System Methodology, SSM) forma parte de las propuestas del enfoque de sistemas flexibles [4] y busca abordar problemas complejos, donde los aspectos humanos, sociales y organizacionales juegan un papel central. A diferencia de los enfoques de sistemas duros, que se centran en problemas bien definidos y cuantificables, la SSM reconoce que en muchos contextos los problemas son difusos, subjetivos y están influenciados por múltiples perspectivas y valores. Este enfoque proporciona un marco estructurado pero flexible para facilitar la conceptualización y especificación de soluciones en entornos donde el conocimiento tácito, las relaciones, los procesos y las interpretaciones son tan importantes como los datos técnicos.

El proceso de la SSM comienza con la exploración del problema en su contexto real, identificando a los actores involucrados y sus perspectivas. A través de herramientas, como los modelos conceptuales, se representan los elementos clave y las interrelaciones dentro del sistema, lo que permite visualizar cómo podrían mejorarse las situaciones problemáticas. Estos modelos no pretenden ser una descripción exacta de la realidad, sino una herramienta para facilitar el diálogo y la reflexión entre los participantes. La metodología enfatiza la importancia del aprendizaje organizacional y la construcción de consensos, ya que las soluciones emergen de la negociación y el entendimiento mutuo entre las partes interesadas.

La importancia de la SSM radica en su capacidad para manejar la complejidad y la ambigüedad inherentes a los dominios de estructura informal. Al centrarse en las percepciones y los valores de los actores, este enfoque permite diseñar soluciones que no solo son técnica-

mente viables, sino también deseables y apropiadas al dominio de aplicación.

A pesar de que fue creado hace décadas, la SSM se sigue utilizando con éxito en la actualidad, como se describe en los siguientes trabajos. En [9], los autores tienen como objetivo determinar las características necesarias para un Sistema Basado en Conocimiento para los problemas de desechos médicos peligrosos, que ayudó a las partes interesadas (gobierno, terceros, hospitales, atención primaria de la salud, las autoridades locales y las sociedades) a reducir los impactos entre las prácticas actuales y los protocolos de salud. Este estudio utilizó la SSM y los enfoques de regulación para descubrir las lagunas en la coordinación y gestión de la HMW en Indonesia.

Por otro lado, en [10] se abordan los desafíos que enfrentan los proyectos de construcción, que se están volviendo cada vez más competitivos y complejos, lo que dificulta su gestión mediante enfoques tradicionales. El estudio examina los beneficios de aplicar SSM en el desarrollo de sistemas de gestión del conocimiento dentro de proyectos de construcción, especialmente en situaciones desafiantes que son difíciles de comprender y actuar. En ambos casos, la SSM se propone como una solución eficaz para el análisis y resolución de problemas en este tipo de situaciones complejas. A través de un enfoque de pensamiento sistémico que involucra un ciclo de investigación-acción, SSM facilita la comprensión de las diversas perspectivas de las partes implicadas.

1.1.3. Fusionando Gestión de Conocimiento y Pensamiento Sistémico

En entornos complejos y dinámicos, las organizaciones enfrentan desafíos que requieren una comprensión integral del problema y un manejo eficiente del conocimiento, donde la fusión de la Gestión del Conocimiento y Pensamiento Sistémico permite abordar estos desafíos de manera estructurada y adaptativa. Nakamori [11] propone un marco conceptual conocido como Sistema de Innovación del Conocimiento (Knowledge Innovation System), que busca facilitar la innovación y la resolución de problemas en entornos donde la incertidumbre y la complejidad son predominantes.

El núcleo de la teoría de Nakamori se estructura en torno a tres dimensiones principales: conocimiento tácito, conocimiento explícito y conocimiento sistémico. Estas dimensiones interactúan a través de procesos de sociali-

zación, externalización, combinación e internalización, conceptos que amplían y complementan el modelo SECI de Nonaka y Takeuchi. Sin embargo, Nakamori introduce una perspectiva más amplia al incorporar la dimensión sistémica, que considera el contexto global en el que se genera y aplica el conocimiento.

Una aplicación práctica de la fusión de gestión de conocimiento y enfoque de sistemas flexibles se da en [12], donde los autores mencionan que es importante la elicitación del conocimiento tácito en las organizaciones, especialmente para que los novatos puedan acceder al saber de los expertos. Para resolver este problema, se propone un enfoque de pensamiento suave que busca establecer un acuerdo entre los expertos. En este estudio, se utiliza una combinación de técnicas como el mapa conceptual, la creación de escenarios, la clasificación de cartas dentro del marco de la metodología de sistemas suaves. Esto da lugar a una nueva metodología para la elicitación del conocimiento tácito. Se destaca que el conocimiento tácito es fundamental para el conocimiento organizacional y constituye un recurso estratégico y una ventaja competitiva. La elicitación de este tipo de conocimiento es un aspecto crítico en la gestión del conocimiento, siendo un paso previo necesario para su utilización efectiva.

II. METODOLOGÍA

2.1. MARCO METODOLÓGICO KMoS-SSA

El marco metodológico KMoS-SSA se compone del Ciclo de Enriquecimiento del Conocimiento (CEC) y de un Modelo de Procesos [1]. KMoS-SSA tiene sus orígenes en KMoS-RE (Knowledge Management on a Strategy for Requirements Engineering) [13], estrategia metodológica e iterativa basada en la gestión de conocimiento que adapta el modelo SECI al proceso de elicitación de requisitos.

La idea fundamental de la estrategia KMoS-RE es que cierra la asimetría de la ignorancia entre los especialistas del dominio de aplicación —generalmente conocidos como clientes y usuarios—, y los proveedores de soluciones —desarrolladores, en el caso particular de soluciones de software—. Este hecho facilita la transferencia y transformación del conocimiento y mejora los procesos de comunicación y negociación entre los especialistas del dominio y los proveedores de las soluciones. KMoS-RE se compone de tres fases: el modelado

del dominio, el modelado de los procesos y la especificación de la solución. KMoS-RE ha sido utilizada en diversos proyectos con resultados satisfactorios [14]. De manera adicional, en [15] se presenta un estudio de caso en el que se da evidencia de que KMoS-RE genera requisitos funcionales más adecuados a las necesidades de los especialistas del dominio.

2.1.1. Ciclo de Enriquecimiento del Conocimiento

El núcleo de KMoS-RE es el modelo SECI de Nakamori. A través de la socialización, los desarrolladores en el proyecto elicitación el conocimiento de los clientes y usuarios. Este conocimiento se externaliza a través de los diversos modelos y artefactos desarrollados durante el proceso. La combinación se genera cuando los modelos son integrados para generar nuevos modelos o artefactos. Por último, la internalización se pone de manifiesto cuando los especialistas del dominio validan los modelos y/o cuando los proveedores de la solución generan los modelos; en ambos casos, el conocimiento tanto del dominio de aplicación como de la solución evolucionan para la conceptualización de la solución. KMoS-SSA integra adicionalmente los conceptos del enfoque de sistemas suaves mediante el CEC (Figura 1).

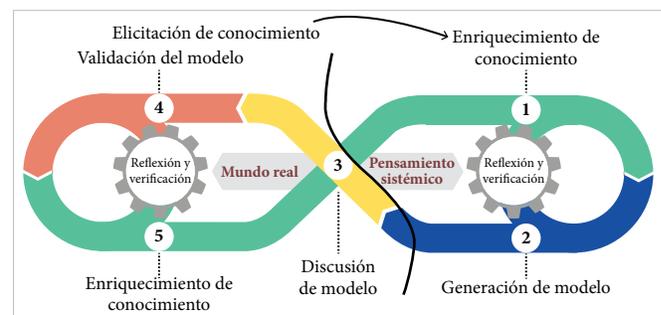


Figura 1. Ciclo Continuo de enriquecimiento del conocimiento Fuente: [1].

El ciclo divide a los involucrados del proceso en especialistas del dominio de aplicación (lado izquierdo de la figura) y los proveedores de la solución, aquellos con conocimientos técnicos especializados en soluciones complejas (lado derecho de la figura). El ciclo inicia con la elicitación de conocimiento de los proveedores de soluciones a los especialistas del dominio. Esta fase puede ser realizada por medio de entrevistas o grupos focales, además de considerar fuentes de conocimiento explícita, como procesos, reglamentos, etc. La información recabada es reflexionada y verificada por los proveedores de la solución, lo que genera un enriquecimiento del co-

nocimiento. Este proceso de reflexión y verificación genera diversos modelos que representan múltiples vistas del dominio de aplicación. Los modelos se presentan y explican a los especialistas del dominio, quienes validan los modelos mediante un proceso también de reflexión y verificación, lo que provoca que el conocimiento sea enriquecido. Tomando como base la SSM, la generación de modelos es parte del pensamiento sistémico y la validación de estos se realiza considerando el mundo real, como se muestra en la **Figura 1**.

Al representar el dominio complejo a través de modelos que incorporan diversas perspectivas, KMoS-SSA apoya la reflexión continua de todos los actores involucrados. El objetivo del CEC es obtener, validar, discutir y compartir conocimientos entre los especialistas del dominio y los proveedores de soluciones tecnológicas para lograr soluciones no solo eficientes, sino también deseables y satisfactorias.

2.1.2. Modelo de Procesos

Un modelo de procesos es una representación estructurada de las actividades, tareas y flujos de trabajo que conforman una metodología, con el objetivo de organizar, gestionar y optimizar la ejecución de un conjunto de acciones para alcanzar un resultado específico. La **Figura 2** representa el modelo de procesos del marco metodológico KMoS-SSA, cuyo núcleo es el CEC.

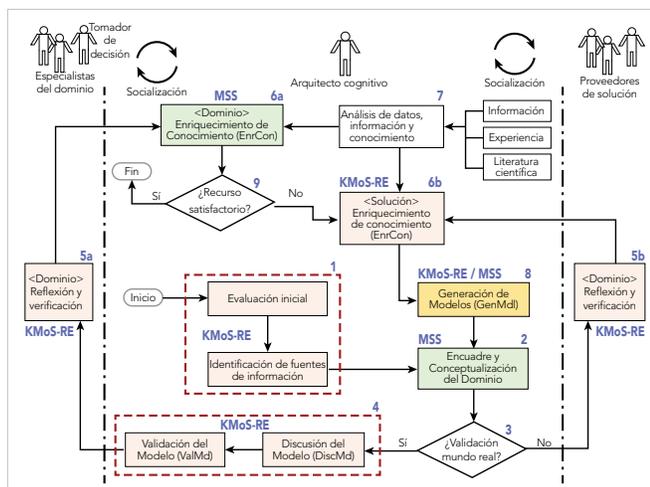


Figura 2. Representa el marco KMoS-SSA, ilustrando las etapas y tareas esenciales para lograr la gestión de los conocimientos. Las cajas rectangulares simbolizan las etapas y sus tareas asociadas, mientras que los diamantes representan decisiones. Los puntos "Inicio" y "Fin" se designan con elipses. En la parte superior, las figuras humanas simbolizan los actores principales dentro de una CISD y sus interrelaciones. Fuente: [1].

Se propone la figura del *arquitecto cognitivo*, quien liderará el proyecto y decidirá los modelos que deben realizarse de acuerdo con las características del dominio de aplicación. Al igual que en el CEC, los especialistas del dominio llevan a cabo las actividades del lado izquierdo, los proveedores de la solución las del derecho y las de socialización se hacen en conjunto. A continuación, se explican las etapas del modelo de procesos. Los números solo ayudan a identificar las etapas y explicarlas a continuación. Cabe mencionar que es un proceso iterativo en el que los modelos se desarrollan y actualizan gradualmente.

1. El proceso arranca con una evaluación inicial en la que se realiza una definición del dominio de aplicación y su alcance. Se establecen los límites y el contexto del sistema, considerando las interconexiones y relaciones de los componentes del dominio. Esta actividad se lleva a cabo mediante entrevistas y grupos de enfoque. Asimismo, se identifican las fuentes de información, como reglamentos, procesos o cualquier tipo de documento.
2. En el encuadre y conceptualización del dominio se identifica y categoriza a los actores clave involucrados en el proyecto, considerando sus perspectivas y roles dentro del sistema.
3. Se realiza una evaluación entre los proveedores de solución para considerar si se tiene el avance suficiente para llevar los modelos a validar por parte de los especialistas del dominio o se continúa verificando y/o generando nuevos modelos.
4. En el caso de que los proveedores de la solución consideren que se tiene el avance suficiente para validar los modelos con los especialistas del dominio, los modelos se describen y explican para que los especialistas puedan realizar el proceso de validación, es decir, indicar si los modelos representan de forma adecuada la realidad del dominio de aplicación. Esto se hace mediante la socialización. Si se decide que se cuenta con el avance suficiente en los modelos para ser validados, se realizan las etapas 5a y 6a, en caso contrario, las 5b y 6b.
- 5a. Los especialistas del dominio reflexionan y verifican los modelos.
- 6a. El proceso de validación, reflexión y verificación del modelo provoca que más conocimiento sea enrique-

cido, el cual será tomado en cuenta para actualizar los modelos generados y/o realizar nuevos modelos.

- 5b. En el caso de que los proveedores de la solución no consideren que tienen el avance suficiente para realizar el proceso de validación con los especialistas del dominio se realiza un proceso de reflexión y verificación por parte de los proveedores de la solución.
- 6b. El proceso de reflexión y verificación de los modelos provoca que más conocimiento sea enriquecido, el cual será tomado en cuenta para actualizar los modelos generados y/o realizar nuevos modelos.
7. En todo el proceso de pueden agregar datos, información y conocimiento científico, este último a través de un análisis de literatura científica.
8. En la etapa de generación de modelos se desarrollan todos los modelos que representan diferentes aspectos del dominio de aplicación. Estos son una fuente de inspiración para generar un diálogo cognitivo en el que se establezcan las diversas posturas y enfoques de los involucrados en el proyecto.

Los modelos que KMoS-SSA propone es el modelo sistémico, la figura enriquecida, el CATWOE, el enfoque PQR, el modelo de metas estratégicas, el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL) y el modelo conceptual, mismos que se explicarán en los casos de aplicación. El arquitecto cognitivo decidirá, junto con los proveedores de la solución, el orden y la relevancia de utilizar cada uno de estos modelos.

2.2. CASOS DE APLICACIÓN

A continuación, se presentan dos casos reales de aplicación de la utilización del marco metodológico KMoS-SSA en DCEI. Los proveedores de las soluciones de los casos de aplicación han seguido las actividades del modelo de proceso para atender las situaciones problemáticas que existen dentro de los DCEI, elicitando conocimiento entre los expertos, delimitando los dominios y buscando las mejores alternativas de solución.

2.2.1. Caso de Aplicación: Estrategias de Analítica de Datos para Apoyar la Acreditación de Programas Educativos

El objetivo del siguiente caso de aplicación es buscar soluciones estratégicas para apoyar el proceso de

acreditación del Programa de Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC) de la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), mediante la instrumentación de acciones remediales en la deserción de los estudiantes.

Descripción del caso

Durante los últimos años, en la UACJ se ha trabajado intensamente para mejorar de manera integral la calidad de la institución, particularmente en fortalecer su capacidad y competitividad académica y orientándose a la consolidación de la calidad de los programas educativos mediante la acreditación de estos.

Actualmente la UACJ oferta 86 programas académicos de pregrado, entre los cuales se encuentra la Ingeniería en Sistemas Computacionales (ISC). Como organización acreditadora de programas académicos de nivel licenciatura en la modalidad de ingeniería, el Consejo de Acreditación de la Enseñanza de la Ingeniería, A. C. (CACEI) es una asociación civil sin fines de lucro que mantiene el reconocimiento vigente otorgado por el Consejo para la Acreditación de la Educación Superior, A. C. (COPAES). Su objetivo primordial es, mediante la acreditación de los programas educativos en el área de las ingenierías, promover que las Instituciones de Educación Superior (IES) ofrezcan educación de calidad a los estudiantes inscritos en programas de ingeniería.

Dentro de los criterios establecidos por el COPAES se establece que se valora si se cuenta con un sistema de información de la trayectoria escolar de los estudiantes y si se realizan investigaciones educativas con estos datos, a fin de instrumentar acciones remediales para disminuir los índices de reprobación y deserción.

Planteamiento del problema

La reprobación y la deserción escolar es un problema real dentro de los Programas Académicos (PA). Cubrir este último criterio establecido por CACEI frente a una acreditación académica no es tarea fácil. En la UACJ, la coordinación de los PA es responsable de completar las acreditaciones. Pero los actores involucrados en dichos procesos son muchos, con distintas visiones del mundo que aportan diferentes entradas y salidas de información buscando obtener los resultados esperados.

Con el objetivo de organizar este DCEI e instrumentar acciones remediales para disminuir los índices de re-

probación y deserción de la ISC en la UACJ, como parte de los criterios establecidos por CACEI por atender dentro de los procesos de acreditación académica, la aplicación de la metodología KMoS-SSA busca facilitar una comprensión integral del problema, permitiendo abordar los desafíos establecidos de manera estructural y adaptativa.

El dominio de aplicación de la metodología para este caso es amplio, desde identificar qué actores están involucrados y cuál es su papel específico para ser capaces de modelar el sistema, identificar cuál es el marco normativo que lo rige, encontrar las necesidades específicas de los tomadores de decisiones y, una vez atendido todo esto, identificar las mejores herramientas que ayuden a atender la problemática.

Con el marco metodológico KMoS-SSA y buscando definir el dominio de aplicación, desde el inicio de las actividades de la investigación de este proyecto se realizaron entrevistas con los actores del dominio y con los tomadores de decisiones para definir el contexto del sistema bajo el cual ocurren los procesos de certificación académica en la coordinación de la ISC en la UACJ.

La Figura 3 muestra el modelo sistémico trabajado a partir de la elicitación de conocimiento de la investigación, que define cuáles son los límites de actividad de los subsistemas que coexisten dentro de todo el sistema de acreditaciones académicas en la UACJ. También se definió cuál es el marco normativo que rige cada uno de los subsistemas.

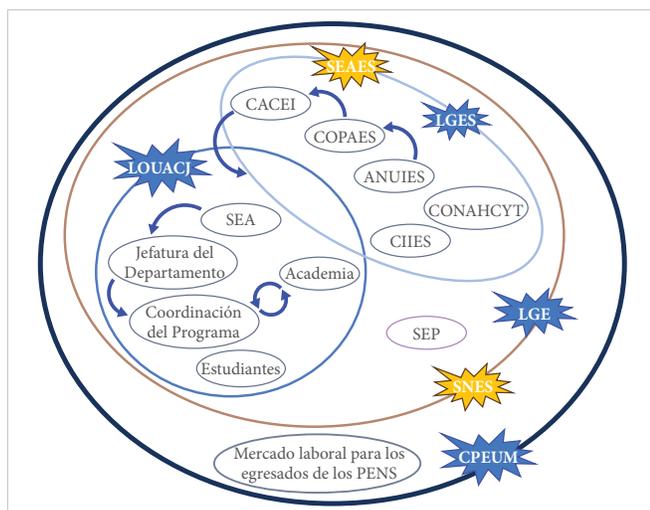


Figura 3. Modelo sistémico de los procesos de acreditación académica en la UACJ realizado a partir del análisis sistémico. Fuente: elaboración propia.

Posteriormente se trabajó una visión enriquecida de los procesos de acreditación dentro de la UACJ (la Figura 4 muestra su representación gráfica). Este modelo permitió identificar quiénes son los principales actores en el dominio, cuál es su rol en el sistema y la interacción entre ellos.

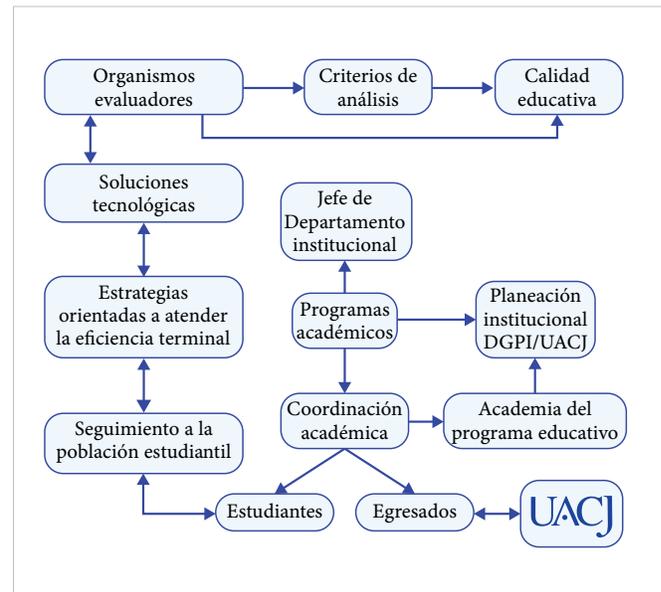


Figura 4. Visión enriquecida de los procesos de acreditación académica en la UACJ. Se muestran las interacciones directas que tienen algunos de los actores principales y los objetivos de estas. Fuente: elaboración propia.

Para sostener el ciclo continuo de enriquecimiento del conocimiento, se mantuvieron las reuniones con los especialistas del dominio y también con algunos de los actores involucrados. Esto, y la continua revisión del estado del arte, permitió delimitar el CATWOE del sistema (detallado en la Tabla 1).

Después de un extensivo proceso de gestión del conocimiento a través de la elicitación con los especialistas del dominio, del modelado del sistema y del desarrollo de herramientas como el CATWOE, existía todavía la ambigüedad de definir cuál era la necesidad específica que se iba a atender, debido a que el dominio de aplicación para una solución tecnológica es extenso y puede ramificarse en muchos subsistemas. Es por eso que se empleó la herramienta de definición de metas estratégicas (Figura 5) con los tomadores de decisiones para identificar en que parte de las interacciones que suceden entre los actores en el proceso de acreditación académica existe la posibilidad de implementar una solución tecnológica.

TABLA 1
CATWOE DEL SISTEMA

N.º	CATWOE	DESCRIPCIÓN
1	Cliente	Alumnos del Programa de la Ingeniería en Sistemas Computacionales de la UACJ
2	Actores	Academia, Alumnos, Dirección de Planeación y Desarrollo, Egresados, Jefatura de Departamento, CACEI, COPAES, ANUIES, Personal Administrativo, Programas Académicos
3	Proceso de transformación	En análisis de datos de las trayectorias educativas para instrumentar acciones remediales para disminuir los índices de reprobación y deserción
4	Visión del mundo	La acreditación es el resultado de un proceso de evaluación y seguimiento sistemático y voluntario del cumplimiento de las funciones universitarias de una Institución de Educación Superior (IES). En la Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ) se ha trabajado intensamente para mejorar de manera integral la calidad de la institución
5	Dueños	Coordinación del Programa de la Ingeniería en Sistemas Computacionales de la UACJ
6	Ambiente	Educación de Nivel Superior y su Evaluación, Voluntad Política, Organismos Públicos, Docencia, Jerarquía Organizacional

Después de un extensivo proceso de gestión del conocimiento a través de la elicitación con los especialistas del dominio, del modelado del sistema y del desarrollo de herramientas como el CATWOE, existía todavía la ambigüedad de definir cuál era la necesidad específica que se iba a atender, debido a que el dominio de aplicación para una solución tecnológica es extenso y puede ramificarse en muchos subsistemas. Es por eso que se empleó la herramienta de definición de metas estratégicas (Figura 5) con los tomadores de decisiones para identificar en qué parte de las interacciones que suceden entre los actores en el proceso de acreditación académica existe la posibilidad de implementar una solución tecnológica.

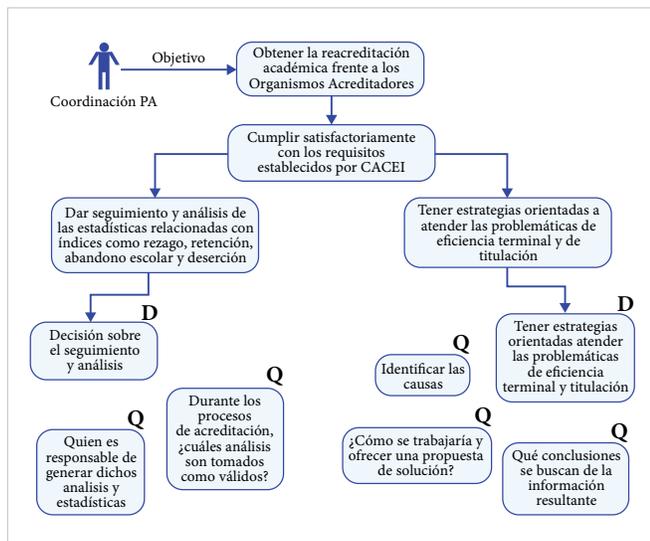


Figura 5. Modelo de Metas Estratégicas validado con los tomadores de decisiones del sistema. Las letras D indican decisiones que deben tomarse y las Q las preguntas que deben responderse para tomar la toma de decisión. Fuente: elaboración propia.

2.2.2. Caso de Aplicación: Desarrollo de Sistema de Software para la Gestión de la Ergonomía

La gestión de la ergonomía en las cadenas de suministro de la industria es un aspecto crítico que a menudo recibe insuficiente atención. La falta de prácticas ergonómicas eficaces puede dar lugar a una serie de problemas que afectan tanto a los empleados como a las empresas. Los trabajadores en estas cadenas de suministro están expuestos a riesgos ergonómicos significativos, como la manipulación de cargas pesadas y la realización de tareas repetitivas, lo que puede llevar a lesiones y trastornos musculoesqueléticos. Estos problemas no solo disminuyen la calidad de vida de los trabajadores, sino que también afectan la competitividad empresarial [16].

La necesidad de implementar un sistema de software para el Índice de Gestión de la Ergonomía (IGE) surge a partir del desafío de representar adecuadamente los datos asociados a esta disciplina. Los especialistas del dominio requieren herramientas que les permitan estructurar, analizar y visualizar la información de manera más eficiente, facilitando así la toma de decisiones estratégicas. Para abordar esta problemática, se adoptó la metodología KMoS-SSA, la cual permite la elicitación del conocimiento a partir de la experiencia de los expertos en ergonomía, asegurando que la información relevante sea capturada, comprendida y organizada de manera efectiva.

La aplicación de sistemas blandos resulta clave en este proceso, ya que ofrecen un enfoque estructurado para la recopilación y modelado del conocimiento. Para ello, se emplean diversas técnicas metodológicas, como el

modelo PQR (Problema, Causa, Remedio), que permite identificar y solucionar problemáticas en la gestión de la ergonomía. Además, se utiliza CATWOE, una técnica que ayuda a definir los actores, procesos y objetivos dentro del sistema. También se incorpora el Modelo de Metas Estratégicas, el cual alinea los objetivos de la gestión ergonómica con las necesidades organizacionales, y el Léxico Extendido del Lenguaje, que permite una mejor estructuración terminológica del dominio.

Como parte fundamental de este enfoque, se emplea el Modelo Conceptual (MC) para organizar y representar la información de manera estructurada. Finalmente, toda esta información se modela y visualiza en un grafo de conocimiento, una representación flexible y relacional que permite conectar datos de manera intuitiva. Gracias a esta metodología, se logra una gestión más efectiva del conocimiento ergonómico, proporcionando a los especialistas herramientas avanzadas para enriquecer la toma de decisiones y la implementación de mejores prácticas dentro de la organización.

Descripción del caso

La falta de prácticas ergonómicas adecuadas en las cadenas de suministro de la industria representa un desafío significativo, ya que puede generar riesgos laborales que afectan la salud y el bienestar de los trabajadores. Factores como la manipulación de cargas pesadas, la realización de tareas repetitivas y la falta de adecuaciones ergonómicas incrementan la probabilidad de lesiones y trastornos musculoesqueléticos.

Además del impacto en los empleados, estas deficiencias pueden afectar la eficiencia operativa y la competitividad de las empresas, generando costos adicionales por ausentismo, rotación de personal y menor productividad. Ante esta problemática, surge la necesidad de comprender a profundidad las condiciones ergonómicas dentro de la cadena de suministro y de identificar estrategias que permitan mitigar estos riesgos de manera efectiva.

En [16] se recopilaron datos a través de un cuestionario aplicado a distintos niveles de la organización, incluyendo empleados operativos, expertos en ergonomía, mandos medios y directivos. El instrumento utilizado en este estudio (cuestionario) está basado en la Norma 035 [17] y fue diseñado para recopilar datos detallados sobre las prácticas ergonómicas, de las cuales se evalúan

las condiciones de trabajo y los factores ergonómicos de los trabajadores.

Algunos de los perfiles encuestados son los siguientes:

Expertos: profesionales con amplio conocimiento en ergonomía y experiencia en la implementación y evaluación de prácticas ergonómicas, el cual se encuentra dividido por empleados, académicos, logística, consultores, ergónomos y gestión de calidad.

Mandos medios: profesionales con alto conocimiento de la empresa, como gerentes o director de la compañía, que tienen una visión directa de las operaciones diarias y pueden proporcionar información sobre la implementación de políticas ergonómicas y su efectividad en el lugar de trabajo.

Superiores: son los ejecutivos responsables de la toma de decisiones estratégicas y la asignación de recursos.

La información obtenida refleja percepciones, condiciones de trabajo y cumplimiento de estándares ergonómicos dentro de la cadena de suministro. Dado que estos datos pueden ser complejos y con múltiples interconexiones, se requiere un enfoque que facilite su análisis y permita identificar patrones clave para la toma de decisiones. Los especialistas del dominio requieren de un sistema de software que les facilite la gestión de la ergonomía basada en este estudio.

Desarrollo

Debido a la complejidad del dominio, se utilizó el marco metodológico KMoS-SSA, desarrollándose de forma iterativa los siguientes modelos y artefactos: Léxico Extendido del Lenguaje, Visión Enriquecida, enfoque PQR, CATWOE, Modelo Conceptual y Modelo de Metas Estratégicas. El desarrollo de estos artefactos y modelos permitieron tener un mejor entendimiento del dominio y analizar elementos clave en la ergonomía para facilitar la propuesta de la solución.

LEL (Léxico Extendido de Lenguaje)

De acuerdo con [8], el Léxico Extendido del Lenguaje (LEL) es un modelo creado para facilitar la comprensión y representación del lenguaje utilizado en diferentes dominios. Al aplicarlo en el dominio del IGE en las cadenas de suministro, se busca mejorar la comprensión

del dominio de aplicación. Este modelo se centra en la idea de que una descripción detallada de los términos del lenguaje contribuye significativamente a una mejor comprensión del dominio de aplicación. Para construir el LEL, se identifica y registran los términos relevantes del dominio, asignándoles nombres y descripciones que incluyen tanto su denotación (noción) como su connotación (impacto). Se clasifican las entradas del léxico en cuatro tipos principales según su función en el dominio de aplicación: sujeto, objeto, verbo y estado. Este enfoque permite organizar y categorizar eficazmente el lenguaje utilizado en el dominio del IGE en las CS, lo que facilita su comprensión y aplicación en el contexto de nuestro estudio.

Modelo Conceptual

Como se menciona en [10], durante la fase de entendimiento de la situación, se desarrolla un elemento fundamental específico para entender el dominio de aplicación: el Modelo Conceptual (MC). Este es una representación visual que encapsula las actividades críticas necesarias para llevar a cabo el cálculo del índice de gestión de la ergonomía en las Cadenas de Suministro (CS) de la industria minera y de sal. El MC actúa como un mapa detallado que ilustra cómo se relacionan entre sí las diversas actividades, como la evaluación del instrumento para el IGE.

Al contar con una estructura clara y organizada, el MC permite una comprensión más profunda de cómo se evalúa el índice de gestión de la ergonomía en las CS. Además de su función como herramienta de visualización, el MC también cumple un papel importante en la comunicación y la planificación estratégica del proyecto. También, facilita la discusión y la alineación entre los diferentes miembros del equipo, incluidos los expertos del dominio.

Modelo Metas Estratégicas

Se aplicó el modelo de metas estratégicas con el objetivo de entender mejor la situación que se está enfrentando, donde las partes interesadas hacen énfasis en que ellos desean la mejora del índice de gestión de la ergonomía mediante la evaluación de la gestión ergonómica en las cadenas de suministro. Para realizar este modelo (Figura 6), se identificó que existen varios actores donde ven viable esa evaluación, algunos de los cuales son los líderes de la cadena (departamento de seguridad),

donde ellos desean reducir la prima de riesgo; sindicato, que desea mejorar la calidad de vida de los trabajadores mediante la evaluación de la cadena de suministro con el IGE y, por otra parte, recursos humanos, que desea la reducción de accidentes y enfermedades de trabajo con la evaluación del IGE.

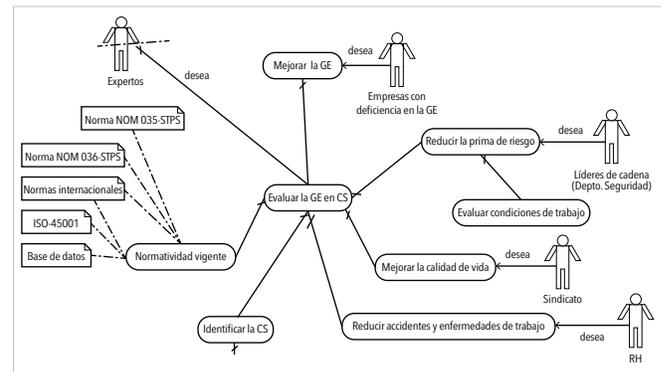


Figura 6. Factores identificados que inciden en la eficiencia terminal en las IES. Fuente: elaboración propia.

Para la evaluación de la gestión de la ergonomía se debe enfocarse en unas normativas vigentes, como la norma NOM 035-STPS, que corresponde al estudio de los factores de riesgos psicosociales que ocurren en el trabajo para el análisis, identificación y prevención de los trabajadores, y también en la norma NOM 036-STPS, que es el estudio de los factores y riesgos ergonómicos en el trabajo, con la identificación, prevención, control y análisis para el manejo manual de cargas [17].

Además, se identificó que el instrumento se encuentra diseñado también con base en ISO45001, el cual, según [18], se basa en la gestión de la seguridad y salud en el trabajo y es fundamental para las empresas, con un enfoque más crítico en aquellas que operan en entornos donde la salud y la seguridad ocupacional son de suma importancia.

PQR (Problema, Causas, Remedio)

Como se menciona en [19], el enfoque PQR (Problema, Causas, Remedio) es una metodología utilizada para identificar y abordar problemas complejos mediante la comprensión de algún dominio en su totalidad, la identificación de las causas subyacentes y la proposición de soluciones. Este enfoque se centra en responder a tres preguntas fundamentales: ¿cuál es el problema? (P), ¿por qué ocurre? (Q) y ¿cómo podemos resolverlo? (R). Al aplicar el enfoque PQR, se busca una comprensión

más detallada de los desafíos específicos y se facilita el desarrollo de estrategias prácticas para resolverlo.

TABLA 2
PQR

PQR	
Realiza P	Evaluación del IGE en las CS de la industria minera superficial mexicana
Por medio de Q	Ayudar con recomendaciones para la gestión de la ergonomía en las cadenas de suministro
Para alcanzar R	Mejorar la gestión de la ergonomía en la cadena de suministro para las empresas

En la evaluación del índice de la gestión de la ergonomía (IGE) en las cadenas de suministro (CS) de la industria minera superficial mexicana, el enfoque PQR se implementa para estructurar el análisis de manera clara y efectiva. Utilizando el PQR, se define el problema (P) como la evaluación del IGE en las CS de la industria minera superficial mexicana. A través del cuestionamiento (Q), se busca ayudar con recomendaciones prácticas y específicas para la gestión de la ergonomía en las cadenas de suministro. El objetivo final (R) es mejorar la gestión de la ergonomía en la cadena de suministro para las empresas, lo que resultará en una mejora en la calidad de vida de los trabajadores y un aumento en la eficiencia operativa de las empresas. Este enfoque proporciona un análisis exhaustivo de los datos que beneficia directamente a los trabajadores y a las empresas para un análisis más profundo de los datos y la toma de decisiones informada.

CATWOE

El análisis CATWOE (del inglés Customers, Actors, Transformation, Worldview, Owner, and Environment) de este estudio se desglosa de la siguiente manera: los clientes son las empresas que deciden evaluar el índice de gestión de la ergonomía en la cadena de suministro. Los actores incluyen a expertos, así como a mandos medios y superiores, como directores de compañía, gerentes y supervisores. La transformación buscada es lograr una gestión ergonómica que mejore la salud laboral y la eficiencia operativa en la empresa minera y de sal. La visión del mundo sostiene que la implementación efectiva de prácticas ergonómicas en la cadena de suministro de la industria minera superficial mexicana mejorará la salud y seguridad de los trabajadores e incrementará la productividad. Los propietarios de esta iniciativa sí se

encuentran identificados. Las restricciones incluyen la participación de un mínimo de dos personas por eslabón de la cadena de suministro.

TABLA 3
CATWOE DEL SISTEMA

N.º	CATWOE	DESCRIPCIÓN
1	Clientes	Empresas que decidan evaluar el índice de gestión de la cadena de suministro
2	Actores	Expertos: Empleados, académicos, logística, consultores, ergonomistas, gestión de calidad y seguridad. Mandos medios y superiores: director compañía, gerentes, supervisores
3	Proceso de transformación	Gestión de la ergonomía en la cadena de suministro
4	Visión del mundo	Implementar una solución de software para el análisis del instrumento contestado por los expertos y altos mandos de las empresas
5	Dueños	Mtro. Iván Francisco Rodríguez, Dra. Aidé Maldonado
6	Ambiente	Disponibilidad y Calidad de los Datos Externos, Normas 035 y 036

III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. CASO DE APLICACIÓN: ESTRATEGIAS DE ANALÍTICA DE DATOS PARA APOYAR LA ACREDITACIÓN DE PROGRAMAS EDUCATIVOS

Los resultados del proceso de investigación a través de la metodología identificaron que dentro de la categoría de “estudiantes” en los criterios de análisis que CACEI revisa en los procesos de acreditación académica, existe la necesidad de presentar evidencia documentada de estrategias orientadas a atender la problemática relacionada a la eficiencia terminal. Con esto en mente, con la colaboración de los especialistas del dominio, se ubicó la necesidad específica de dar seguimiento a la trayectoria estudiantil, ofreciendo estrategias de contención frente la deserción escolar de un PA. Considerando que es posible tener acceso a los datos reales del desempeño de los estudiantes a través de los servicios de apoyo institucional de la UACJ, una herramienta de analítica de datos puede hacer uso de ellos para identificar las causas y definir estrategias.

El rezago, la reprobación y la deserción escolar afectan la eficiencia terminal por la diversidad de factores que interactúan y dificultan su solución y complejizan esta

problemática. Para poder idear estrategias que busquen rezagar el impacto de estas variables en el índice de eficiencia terminal en un PA, primero hay que identificar cuáles son los principales factores que los provocan. Para eso, se mantuvieron sesiones semanales durante dos meses con un especialista de acreditación de CACEI que ayudó a identificar, a través de una revisión de la literatura y su propia experiencia, qué factores relacionados a las variables de rezago, reprobación y deserción escolar inciden en la de eficiencia terminal de un PA de nivel superior (Figura 7).

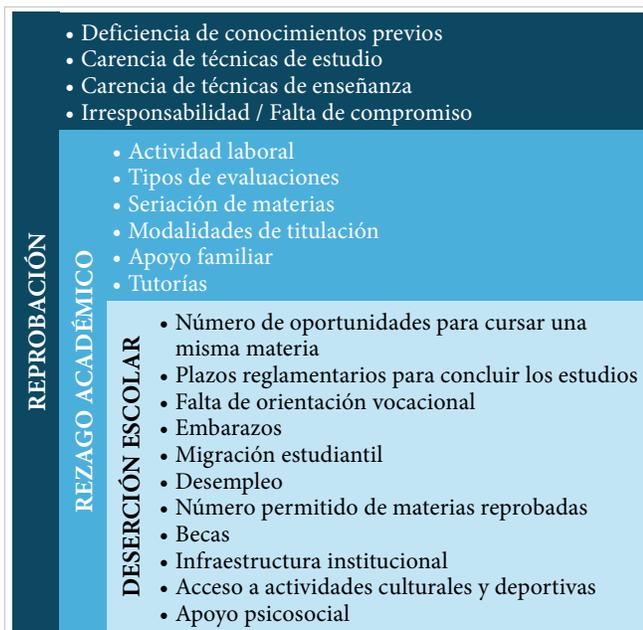


Figura 7. Factores relacionados a las variables de rezago, reprobación y deserción escolar que inciden en la deserción escolar revisado por los especialistas del dominio. Fuente: elaboración propia.

Por último, se hizo una revisión de trabajos previos donde utiliza analítica de datos mediante técnicas de Inteligencia Artificial para identificar qué factores inciden en la deserción escolar y cuáles son las características que pueden predecir si un estudiante de una IES termina desertando de un PA. Esto con la intención de identificar qué tipo de características se deben considerar para formar un conjunto de datos de trabajo.

Los artículos revisados arrojaron las observaciones expuestas en la [Tabla 4](#).

3.1.1. Resultados: Conceptualización de la Solución

Después de haber completado la revisión de la literatura y tomando en consideración las conclusiones de

los proyectos relacionados, se trabajó en conjunto con el responsable de la coordinación de ISC para definir una posible solución a la situación problemática. Se concuerda realizar un modelo de aprendizaje automático basado en algoritmos de Inteligencia Artificial que identifique el perfil de los estudiantes desertores y que una vez que sea validado por los expertos del dominio, sea capaz de predecir a partir de nueva información si un estudiante tiene altas posibilidades de desertar del programa. Los datos para este análisis serían las trayectorias académicas y los datos de asistencia académica con los que cuenta la Coordinación de Orientación y Bienestar Estudiantil (COBE) de la UACJ, la cual es una entidad dedicada a apoyar el desarrollo integral de los estudiantes.

La herramienta se alimentará de los datos históricos relacionados con el desempeño académico de los estudiantes, delimitados dentro de las generaciones de ingreso entre los años 2017 y 2018, que suman alrededor de 7000 estudiantes, y también de datos de asistencia para apoyo académico a COBE.

La delimitación generacional de los estudiantes se debe a las siguientes consideraciones:

- Se trata de las primeras generaciones que comparten el plan de estudios más actualizado del programa (45200-17).
- Muchos de esos estudiantes ya han cumplido con el plazo estándar establecido de 9 semestres para completar sus asignaturas, permitiendo obtener muestras de estudiantes con el estatus de titulados y bajas, de tal forma que permita a la herramienta cognitiva segmentar de forma precisa el perfil de los estudiantes.
- Las características generales de los estudiantes considerados en esta delimitación generacional están más relacionadas a las de los estudiantes de nuevo ingreso y por ingresar que a las características de cortes generacionales de años previos.

Los datos por analizar serán anonimizados o agregados, lo que significa que no se podrá identificar a los estudiantes de manera individual. Esta práctica garantiza la protección de la privacidad de los sujetos, ya que la información personal no será vinculada directamente a los datos de investigación.

TABLA 4
RESUMEN DE LA REVISIÓN DE LITERATURA SELECCIONADA PARA DEFINIR CUÁL HERRAMIENTA COGNITIVA ES LA MÁS CONVENIENTE PARA ATENDER LA DESERCIÓN ESCOLAR EN LOS PA NIVEL SUPERIOR

REFERENCIAS	HERRAMIENTAS COGNITIVAS UTILIZADAS	VARIABLES EXPLICATIVAS DE LA VARIABLE OBJETIVO	TAMAÑO DE LA MUESTRA UTILIZADA	COMENTARIOS
[16]	DT ID3, DT J48, Naive Bayes Tree, Naive-Bayes, Bayes Net	Las calificaciones obtenidas por los estudiantes en el primer año de sus estudios	193 registros de estudiantes	Los mejores algoritmos para la predicción de la deserción escolar son el Naive Bayes Tree y el DT J48.
[17]	DT C4.5	27 atributos relacionados a factores académicos, económicos, familiares, sociales, creencias, distancias y transporte, seguridad, entre otros	500 registros de estudiantes	Las cinco principales causas de la deserción escolar universitaria se deben a la falta de asesorías, a un inadecuado ambiente estudiantil, a la falta de seguimiento académico, a la deficiente calidad educativa y al servicio en general
[18]	Decision tree, Naive bayes, Random Forest Classifier, SVM y KNN.	28 atributos como estado civil, Ingreso bruto de los padres y su escolaridad, préstamos bancarios, promedio general, entre otros	3562 registros de estudiantes	Se descubrió que el clasificador Random Forest es muy prometedor para predecir las tasas de abandono, con una precisión de entrenamiento del 94% y una precisión de prueba del 86%

Una vez desarrollada la herramienta tecnológica, será capaz de identificar a aquellos estudiantes que comparten un perfil relacionado a aquellos que decidieron darse de baja o fueron dados de baja en periodos anteriores, y esto permitirá a la coordinación del programa brindarles la atención necesaria para buscar continúen su trayectoria académica.

3.1.2. Discusión

El sostenido ciclo continuo de enriquecimiento a través de la elicitación de conocimiento frente a los expertos del dominio a partir de entrevistas y desarrollo de modelos, como lo marca KMoS-SSA, fue el mejor vehículo de comunicación en la búsqueda de un medio para estructurar la situación problemática y ayudar a los proveedores de una posible solución a encontrar cuál pudiera ser la herramienta más adecuada para atender el caso. La herramienta cognitiva sigue en desarrollo, pero los resultados de los prototipos realizados al momento ofrecen resultados que invitan a continuar el trabajo realizado.

3.2. CASO DE APLICACIÓN DESARROLLO DE SISTEMA DE SOFTWARE PARA LA GESTIÓN DE LA ERGONOMÍA

3.2.1. Resultados: Solución Propuesta

Una vez finalizado el análisis, se decidió realizar una solución de software que utilice grafos de conocimiento que se alimente de los resultados de las encuestas y que facilite el análisis de los datos mediante la visualización

del conocimiento. Los grafos de conocimiento utilizan un modelo de datos basado en grafos para manejar y organizar información en diferentes dominios que requieren integración, gestión y extracción de valor de diferentes fuentes de datos [20]. Esta metodología ofrece ventajas en comparación con los modelos relacionales tradicionales. Los grafos de conocimiento brindan una representación clara y sencilla de entender para una amplia gama de dominios.

Como se hace mención en [21], una de las ventajas más importante de los grafos de conocimiento es su flexibilidad para posponer la definición de un esquema, lo que posibilita que los datos se adapten y evolucionen de manera más dinámica. Los lenguajes de consulta de grafos no solo admiten operaciones relacionales estándar, como uniones, sino que también permiten buscar entidades conectadas a través de caminos de longitud variable. También, se pueden utilizar ontologías y reglas para definir y comprender la semántica de los términos utilizados en el grafo de conocimiento. Los marcos escalables para el análisis de grafos proporcionan herramientas para calcular medidas como el agrupamiento, lo cual implica evaluar qué tan conectados están los nodos dentro de una misma comunidad. Una métrica común para esto es el coeficiente de agrupamiento (*clustering coefficient*), que mide la probabilidad de que los vecinos de un nodo estén también conectados entre sí.

Este tipo de análisis es útil para identificar estructuras locales dentro del grafo, como subgrupos bien defini-

dos, relaciones estrechas entre conceptos o incluso detectar anomalías en la organización del conocimiento representado.

En la actualidad, se han presentado técnicas prometedoras que aplican el aprendizaje automático y Soft-Computing a los grafos, lo que abre nuevas brechas para explorar y aprovechar los grafos de conocimiento en una variedad de dominios para su análisis.

3.2.2. Discusión

La gestión ergonómica en las cadenas de suministro presenta un desafío importante que afecta tanto la salud de los trabajadores como la competitividad de las empresas resultando en un impacto negativo tanto para los empleados como para la organización. El resultado de KMoS-SSA fue la propuesta del uso de técnicas avanzadas como el análisis de grafos de conocimiento para analizar la información obtenida de cuestionarios aplicados a empleados, expertos y mandos medios y superiores. Mediante el uso de metodologías como PQR y CATWOE, se busca identificar patrones y conceptos clave en el ámbito de la ergonomía laboral. Sin embargo, un desafío identificado es que al ser una percepción de los trabajadores (cuestionario), en lugar de datos objetivos, como mediciones con sensores, limita el avance hacia un entorno de Industria 5.0. Esto sugiere la necesidad de integrar datos más precisos y objetivos en el análisis para implementar mejoras efectivas en la gestión ergonómica de las cadenas de suministro.

IV. CONCLUSIONES

Atender situaciones problemáticas dentro de los DCEI a través del uso de la metodología KMOS-SSA, permite caminar de manera completa los espacios dentro de los procesos, interacciones y toma de decisiones de los actores involucrados, para identificar las mejores alternativas de solución.

La utilización del marco metodológico en los casos aplicación concluyeron con propuestas de solución deseables, ya que fueron validadas y aceptadas por los especialistas del dominio, quienes no son especialistas en propuestas de tecnologías de información. Sin embargo, el marco metodológico KMoS-SSA les permitió identificar los ángulos en donde las alternativas de solución pueden desarrollarse. Una vez identificado el PQR y el CATWOE, se pudo realizar una búsqueda más eficiente

de trabajos similares, lo que permitió llegar a un consenso de la solución propuesta. Estos trabajos similares dan evidencia de la factibilidad de la propuesta solución.

Sobre estos mismos casos de aplicación, existen muchas líneas de investigación que podría continuar a partir del trabajo realizado. Los actores de ambos dominios y los procesos involucrados son terreno fértil para el desarrollo de diferentes herramientas relacionadas con el cómputo en la nube o la continuación en el desarrollo de herramientas de cómputo cognitivo que atiendan las necesidades dinámicas a las que se enfrentan en su cotidianidad.

Como trabajos futuros, se está avanzando en la implementación de las soluciones con herramientas tecnológicas. Estos desarrollos permitirán validar la efectividad del enfoque en entornos reales, optimizando la adopción de las soluciones y su impacto en la práctica. Además, se explorarán mejoras cambios al marco metodológico para mejorar la toma de decisión de los proveedores de solución acerca de la relevancia de los modelos utilizados, así como la mejora de estos para asegurar la escalabilidad y adaptabilidad de KMoS-SSA a diferentes necesidades.

REFERENCIAS

- [1] K. Olmos-Sánchez, J. Rodas-Osollo, A. A. Maldonado-Macías y A. Jiménez-Galina, "Harmonization of knowledge representation: Integrating systems thinking ideas with appropriate domain representation strategies", *Computación y Sistemas*, vol. 28, n.º 3, 2024.
- [2] I. Nonaka y H. Takeuchi, *The Knowledge-Creating Company*. Nueva York: Oxford University Press, 1995.
- [3] A. R. Zamin, N. Yazdani y K. Hameed, "Development Of Nonaka's Thought: A Critical Review", *Pak. J. Humanit. Soc. Sci.*, vol. 12, n.º 2, pp. 951-958, 2024.
- [4] P. Checkland, *Systems Thinking, Systems Practice*. Wiley, 1999.
- [5] M. Kayyali, "An overview of quality assurance in higher education: Concepts and frameworks", *IJMSIT*, vol. 4, n.º 2, pp. 1-4, 2023.
- [6] I. Siddique, "Systems Engineering in Complex Systems: Challenges and Strategies for Success", *EJAET*, vol. 9, n.º 9, pp. 61-66, 2022, doi: [10.2139/ssrn.4885918](https://doi.org/10.2139/ssrn.4885918).

- [7] S. Cabrilo, S. Dahms y F.-S. Tsai, "Synergy between multidimensional intellectual capital and digital knowledge management: Uncovering innovation performance complexities", *J. Innov. Knowl.*, vol. 9, n.º 4, pp. 1-16, 2024, doi: [10.1016/j.jik.2024.100568](https://doi.org/10.1016/j.jik.2024.100568).
- [8] G. Hadad, J. Doorn y G. Kaplan. (2009). Explicitar Requisitos del Software usando Escenarios. Presentado en Workshop em Engenharia de Requisitos. [En línea]. Disponible en: <https://www.semanticscholar.org/paper/Explicitar-Requisitos-del-Software-usando-Hadad-Doorn/e3078bf5fcb6abd6a34f26e0f5780cb99d983c06>
- [9] S. Rohajawati, S. Fairus, H. Saragih, H. Akbar y P. Rahayu, "A Combining Method for Systems Requirement of Knowledge - Based Medical Hazardous Waste", *TEM Journal*, vol. 10, n.º 4, pp. 1761-1768, 2021, doi: [10.18421/TEM104-37](https://doi.org/10.18421/TEM104-37).
- [10] B. Wilson, *Soft Systems Methodology: Conceptual Model Building and its Contribution*. Wiley, 2001.
- [11] Y. Nakamori, A. Wierzbicki y Z. Zhu, "A Theory of Knowledge Construction Systems", *Syst. Res.*, vol. 28, pp. 15-39, 2010, doi: [10.1002/sres.1046](https://doi.org/10.1002/sres.1046).
- [12] P. Hanafizadeh y F. Ghamkhari, "Elicitation of Tacit Knowledge Using Soft System Methodology", *Syst. Pract. Action Res.*, vol. 32, n.º 5, pp. 521-555, 2019, doi: [10.1007/s11213-018-9472-9](https://doi.org/10.1007/s11213-018-9472-9).
- [13] K. Olmos y J. Rodas, "KMoS-RE: knowledge management on a strategy to requirements engineering", *Requirements Eng*, vol. 19, pp. 421-440, 2014, doi: [10.1007/s00766-013-0178-3](https://doi.org/10.1007/s00766-013-0178-3).
- [14] J. Rodas-Osollo y K. Olmos-Sánchez, "Marco metodológico para la gestión sistémica del conocimiento", *Novarua*, vol. 16, n.º 29, pp. 48-71, 2024, doi: [10.20983/novarua.2024.29.3](https://doi.org/10.20983/novarua.2024.29.3).
- [15] K. Olmos-Sánchez, J. Rodas, L. Fernández y V. Morales, "Requirements engineering based on knowledge: a comparative case study of the KMoS-RE strategy and the DMS process", *Revista Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia*, n.º 77, pp. 88-94, 2015.
- [16] I. F. Rodríguez-Gámez, A. A. Maldonado-Macías, E. A. Lagarda-Leyva, J. L. Hernández-Arellano y Y. Rodríguez, "A Continuous Improvement Instrument for the evaluation of the ergonomics management system in the supply chain", *Heliyon*, vol. 10, n.º 24, pp. 1-19, 2024, doi: [10.1016/j.heliyon.2024.e40956](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e40956).
- [17] *Factores de riesgo psicosocial en el trabajo- Identificación, análisis y prevención*, Norma Oficial Mexicana NOM-035-STPS-2018, Secretaría del Trabajo y Previsión Social (STPS), 2018. [En línea]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=5541828&fecha=23/10/2018#gsc.tab=0
- [18] *Sistemas de gestión de la seguridad y salud en el trabajo*, ISO 45001:2018(es), Organización Internacional de Normalización, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:45001:ed-1:v1:es>
- [19] S. Salavati y A. Mirijamdotter, "Soft Systems Methodology and Cognitive Mapping: A Linkage between the Initial Phases of SSM", en *Vienna 2017 International Society for System Sciences, The 61st ISSS World Conference*, Vienna, 2017.
- [20] T. Al-Moslmi, M. Gallofré, A. L. Opdahl y C. Veres, "'Named Entity Extraction for Knowledge Graphs: A Literature Overview", en *IEEE Access*, vol. 8, pp. 32862-32881, 2020, doi: [10.1109/ACCESS.2020.2973928](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2020.2973928).
- [21] C. Lu, P. Laublet y M. Stankovic, "Travel Attractions Recommendation with Knowledge Graphs", en *European Knowledge Acquisition Workshop (EKAW)*, 2016, doi: [10.1007/978-3-319-49004-5_27](https://doi.org/10.1007/978-3-319-49004-5_27).