



PROTOTIPO DE SISTEMA EXPERTO, EVALUACIÓN DE ACTIVIDADES DE APRENDIZAJE CON LENGUAJE NATURAL ESCRITO

Experiencias durante la fase de diseño en el caso de administración en salud

Prototype of Expert System, Evaluation of Learning Activities with Written Natural Language:
Experiences During the Design Phase in the Case of Health Administration

LUCIA PATRICIA CARRILLO VELÁZQUEZ ¹

¹Universidad Nacional Autónoma de México, México

KEYWORDS

*Expert system
Knowledge about
information system
Writing natural language
recognition
Knowledge management
Training skills*

ABSTRACT

The expert system of the prototype is an educational technology that contributes to the virtual instrumentation of reality in professional practice aimed at students and provides automated evaluation to teachers, especially in activities based on written natural language. During software engineering the system design involved a multidisciplinary framework and organizational transformation that include the standardization of instructional design and computer governance during the Knowledge Engineering process. In addition, this prototype contributes to the improvement of quality, knowledge management and intellectual capital of the institution.

PALABRAS CLAVE

*Sistema experto
Sistemas de información
basados en el conocimiento
Reconocimiento del lenguaje
natural escrito
Gestión del conocimiento
Competencias formativas*

RESUMEN

El sistema experto de este prototipo es una tecnología educativa que coadyuva a la instrumentación virtual de la realidad en la práctica profesional dirigida a alumnos y aporta la evaluación automatizada a los profesores, específicamente en las actividades basadas en lenguaje natural escrito. Durante la ingeniería de software el diseño del sistema implicó un marco de referencia multidisciplinario y transformaciones organizativas que incluyen la normalización del diseño instruccional y el gobierno informático durante el proceso de Ingeniería del conocimiento. En adición, este prototipo contribuye a la mejora de la calidad, gestión del conocimiento y al capital intelectual de la institución.

Recibido: 25/ 01 / 2023
Aceptado: 28/ 03 / 2023

1. Introducción

La tecnología para la educación en línea plantea a los Sistemas Expertos para el reconocimiento de lenguaje natural como un recurso para la evaluación automatizada de las actividades formativas. Con este tipo de actividades se desarrollan los objetivos declarados en el currículo y son apreciadas en el ámbito educativo, porque propician la formación integral al desarrollar capacidades blandas, profesionales y directivas. No obstante, las actividades que se basan en lenguaje natural escrito ubican a los profesores ante el reto de emitir una evaluación, debido a la subjetividad implícita en el lenguaje natural, propia de la redacción libre durante la participación en foros de disertación o la elaboración de textos.

En este trabajo se expone la experiencia de un grupo académico que incursiona en el diseño de un prototipo de sistema experto para la evaluación de estas actividades en el marco de una institución de educación superior en modalidad online.

Esta experiencia se ubica en la primera fase del proceso de ingeniería de *software* que consiste en la definición de requerimientos de los usuarios y diseño del *software*; fase dedicada a la ingeniería del conocimiento en el terreno especializado de los sistemas expertos.

El resultado preliminar muestra la trascendencia del trabajo colaborativo y multidisciplinario entre los desarrolladores de tecnología educativa y otros especialistas poseedores del conocimiento experto, cuya interacción, además de la tecnología educativa, incide en la transformación organizacional en lo que se refiere a la normalización del diseño instruccional y el establecimiento de un gobierno informático básico que facilitan la representación formal del conocimiento explícito como recurso para desarrollar la capacidad multidisciplinaria de interacción significativa entre todos los involucrados en el proyecto. En adición, al incorporar en el sistema experto las actividades de diversas especialidades disciplinarias, el proceso de ingeniería de *software* demanda la implementación de procesos más amplios en la organización, y a su vez, propicia la gestión del conocimiento en el grupo multidisciplinario. Ello implica una estructura y un funcionamiento que asegure el contexto de caos creativo para la producción de recursos basados en el conocimiento y la información, los cuales se constituyen en capital intelectual de la organización.

1.1. Los sistemas expertos o sistemas de información basados en el conocimiento

El reconocimiento de lenguaje natural es un área de la inteligencia artificial (Abeliuk, 2021, p. 19; Espino, 2021, p. 2019) cuya instrumentación es ampliamente desarrollada por los sistemas expertos, o también denominados en la disciplina informática como sistemas de información basados en el conocimiento.

Este tipo de sistemas se basa en el reconocimiento de patrones e inferencias que realizan los ingenieros del conocimiento a través de diversos procesos constructivos y de interacción con especialistas del área de interés que son los poseedores del conocimiento experto, en la modalidad de conocimiento tácito, mismo que emplean para tomar decisiones en el ámbito de su especialidad.

Por su parte, los ingenieros del conocimiento reconocen y sistematizan los patrones de las premisas que determinan las decisiones tomadas por los expertos, para después transformarlas en conocimiento explícito, es decir, en conocimiento que es expresado en representaciones formales. Para esto, los ingenieros del conocimiento emplean modalidades de representación explícita cuyos formatos y cuya nomenclatura han sido normalizados y estandarizados por comunidades científicas y tecnológicas en este campo del conocimiento científico.

La utilidad de la normalización y estandarización radica en la posibilidad de desplegar un trabajo colaborativo y multidisciplinario para diseñar, desarrollar e instrumentar sistemas expertos, o de información basados en el conocimiento <explícito>, automatizar actividades que involucran decisiones y que precisan la objetividad y la transparencia.

Los beneficios comerciales de los sistemas expertos en el ámbito empresarial son evidentes en estrategias exitosas, como los casos de Google o Bing. En estos sistemas, a manera de ejemplo, cuando se selecciona la opción de un resultado de búsqueda, el sistema captura la información como una confirmación de que los resultados que se encuentran son correctos y usa esta misma para tomar decisiones de búsqueda en posteriores accesos. De la misma forma funcionan los sistemas denominados *chatbots*, por ejemplo, en la aplicación gratuita de comunicación escrita vía telefonía celular denominada WhatsApp, estos leen el texto y luego se activan cuando se escribe una frase con un patrón similar que se compara con los nuevos mensajes, con el resultado de la comparación se emite una inferencia con la

cual una máquina «toma la decisión» consistente en una palabra o frase, de entre muchas, que se escribe adelantando al interlocutor humano. Esos sistemas de reconocimiento de lenguaje natural en modalidad escrita funcionan como los asistentes de voz, pero con lenguaje natural en la modalidad oral estos sistemas se ponen en marcha cuando «escuchan» frases que sirven de patrones como «Hola».

En estos casos, observamos la necesidad de inferencias <o decisiones> asociadas a los patrones, ya que estos programas de procesamiento automatizado de lenguaje natural deben funcionar en segundo plano, esperando el patrón <o frase que determina la decisión>. Otro caso, considerado un sistema experto, es el corrector ortográfico de un procesador de texto cuya decisión consiste en reconocer los patrones de la estructura que relaciona las palabras para ofrecer inferencias en la forma de correcciones ortográficas y semánticas.

No obstante los beneficios comerciales evidentes, este tipo de conocimiento científico y tecnológico trasciende hasta el ámbito social, cuyo caso de uso se aborda en este artículo y es dirigido al beneficio para el sector de la investigación-docencia interdisciplinaria basada en tecnología.

Con este ejercicio exploratorio, y mediante las evidencias de los alcances tecnológicos, asumimos la factibilidad de desarrollo en lo que concierne al campo telemático, que integra conocimientos de las ciencias del cómputo, la informática y las telecomunicaciones.

En contraste, la amplitud diferencial entre diversas especialidades del conocimiento plantea el reto de transformar conocimiento tácito del especialista experto a un conocimiento explícito y sistematizado, comprensible por los desarrolladores de los sistemas de *software* cuya funcionalidad corresponde a un sistema experto. Este reto es superable cuando las condiciones y las decisiones corresponden a tareas repetitivas fácilmente expresadas con datos e información que se asocian con operaciones basadas en modelos matemáticos lineales y elementales, como lo son los modelos estadísticos, booleanos, financieros, contables y algunos modelos químicos entre otros.

La dificultad subsiste cuando es necesario reconocer los componentes de un conocimiento especializado y sus relaciones, con el objeto de establecer la estructura y funcionalidad que aseguran la factibilidad de su sistematización y automatización informática, porque estos componentes y sus relaciones subyacen a la subjetividad [e inconciencia] del especialista, es decir, la dificultad consiste en reconocer la lógica de significaciones que determinan el esquema de acción durante las decisiones que toma el individuo, en esta experiencia nos referimos al docente, que es poseedor del conocimiento especializado.

1.2. Marco de referencia multidisciplinario

Para sustentar el proceso de análisis y las interpretaciones que aquí se vierten establecemos un marco de referencia multidisciplinario que integra fundamentos del área informática y computacional, del área administrativa y gerencial, así como del área pedagógica.

A) Marco de referencia multidisciplinario

La arquitectura de *software* de un programa <o sistema de cómputo> se entiende como una representación formal del sistema que ayude a la comprensión de cómo éste se comportará, y sirve como modelo para el desarrollo del proyecto. La arquitectura es el portador primario de las cualidades del sistema, tales como el rendimiento, la modificabilidad y la seguridad, ninguno de los cuales se pueden alcanzar sin una visión arquitectónica unificadora. La arquitectura es un artefacto para el análisis que asegura que un enfoque de diseño dará lugar a un sistema aceptable (Software Engineering Institute, SEI, 2014).

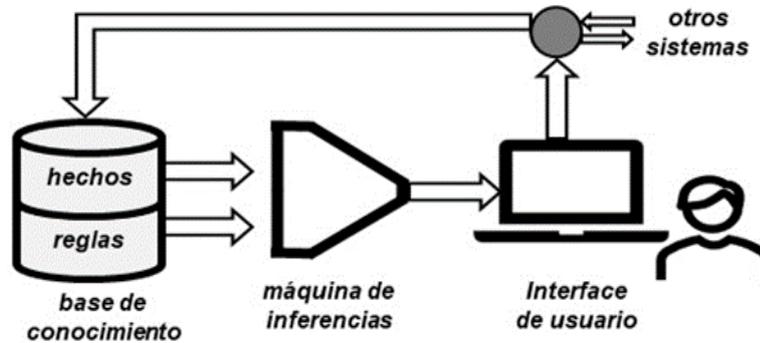
La arquitectura básica del *software* cuya funcionalidad radica en un sistema experto se integra por tres componentes fundamentales: base del conocimiento, motor de inferencia e interfaz de usuario (Rufasto, 2018, p. 32; Bádaró, et al., 2013) como se aprecia en la Figura 1. La base de conocimiento es el repositorio donde se alojan los conocimientos especializados que delimitan el dominio de los hechos, base para tomar las decisiones automatizadas a modo de «experto artificial» en base a reglas de decisión.

El motor de inferencia se encarga de verificar que las reglas se cumplen y de ejecutar las decisiones, la interfaz o interfaces son los medios con los cuales los usuarios tienen interacción con el sistema.

Para desarrollar un sistema experto, se han documentado diversas metodologías que implementan un proceso genérico especializado del campo disciplinario de la ingeniería de *software*. Desde este campo se plantean tres etapas para la elaboración de un sistema [de *software*] experto: diseño, elaboración y transición. Durante el diseño <o fase de ingeniería del conocimiento>, se ejecuta el proceso

que permite la concepción del sistema, así como su representación explícita en lo que será su arquitectura y funcionalidad. Durante la elaboración, se procede a la programación y, durante la transición, se implementa el *software* para que el usuario pruebe su utilidad o bien se ejecuten las adecuaciones necesarias.

Figura 1. Arquitectura básica de un sistema experto



Fuente: elaboración propia

En este trabajo, nos ubicamos en la primera fase, en la cual es indispensable la interacción de los especialistas en el campo tecnológico y los especialistas [docentes] que determinan los requerimientos y funcionalidad ideal que habrá de implementarse en el sistema.

La especificidad de un sistema experto consiste en la representación explícita del conocimiento especializado y los razonamientos que determinan las decisiones, cuya construcción natural es un complejo emanado de la subjetividad del especialista, a diferencia de datos numéricos o alfabéticos y operaciones básicas, que son empleadas por otro tipo de sistemas de *software*.

Esta especificidad implica la ejecución de un proceso denominado ingeniería del conocimiento, en el cual el especialista en sistemas expertos tiene la tarea de traducir el conocimiento del especialista en alguna forma de representación explícita, entendible para los especialistas encargados de programar el *software*.

El reto de la ingeniería del conocimiento se complejiza cuando la fuente del conocimiento especializado se ubica en múltiples especialistas en diversas disciplinas como es el caso de un sistema experto que apoye la evaluación automatizada de diversas actividades formativas, de diversas asignaturas, basadas en lenguaje natural escrito.

Para atender esta complejidad, se propone desarrollar como primera actividad del proceso de diseño, durante la ingeniería de conocimiento, la ejecución de otro [sub]proceso específico de gestión del conocimiento.

B) El proceso de ingeniería del conocimiento entendido como un proceso de gestión del conocimiento organizacional

Se concibe la gestión del conocimiento como un proceso estratégico, empleado por una administración y una gerencia, para la construcción de conocimiento compartido en la dimensión de las organizaciones (Carrillo, 2008, p. 68). Esta estrategia se enfoca en el conocimiento individual y grupal, porque el conjunto de estos conocimientos puede convertirse en un valor contable y propiedad de la organización denominado Capital Intelectual. Para instrumentar la gestión del conocimiento, es necesario asegurar y proveer las condiciones organizativas, estructurales y funcionales, que integradas se denominan contexto de caos creativo. Este contexto es propicio para motivar la transformación del conocimiento, porque irrumpe en el conocimiento que tiene un individuo, generando un «caos cognitivo» que demanda la aprehensión de nuevos conocimientos para lograr un nuevo «equilibrio cognitivo». Esta transformación sucede durante un proceso complejo que integra de forma simultánea tres procesos particulares: crear, evaluar y comunicar conocimiento (Carrillo, 2008, p. 94).

Por su parte, como se ha mencionado, la ingeniería del conocimiento es un área especializada de la inteligencia artificial. Su campo de actividad profesional consiste en la «extracción del conocimiento especializado» de quienes son especialistas en múltiples áreas. Este proceso se ejecuta a través de procesos reiterados de análisis e interpretación, empleando diversas representaciones formales del

conocimiento: generalmente parten de representaciones formales asociadas al campo de la especialidad, por ejemplo, organigramas o diagramas de flujo, y se traducen en representaciones formales del campo de los sistemas expertos, por ejemplo, diagramas de árbol y redes neurales, entre otros.

En la perspectiva de la gestión del conocimiento como alternativa para establecer las condiciones organizativas necesarias en la Universidad para implementar la ingeniería de conocimiento, el propósito es instrumentar el contexto de caos creativo y el proceso para construir un instrumento de socialización que, a su vez, posibilita su automatización, ya que guía el proceso bidireccional de sistematización y traducción del conocimiento explícito del especialista hacia el conocimiento tácito, ahora de los especialistas en cómputo, informática y telecomunicaciones.

C) El proceso de transformación del conocimiento experto en explícito a través de representaciones formales es esencial en un contexto multidisciplinario de caos creativo

La subjetividad es la concepción o expresión inconsciente de la percepción y valorización personal y parcial sobre un objeto, hecho, proceso o fenómeno de la realidad (Oliva, 2016). La subjetividad es individual, ya que todos los humanos presentan un específico punto de vista o esquema de acción, que es determinado por la irrepetible lógica de significaciones. Es decir, por la propia significación de los componentes de la realidad y la forma individual en que estructura las relaciones entre estos componentes (Piaget y García, 1987).

Considerando que el ingeniero del conocimiento se enfrenta al reto que implica la «traducción de la subjetividad» propia, así como a la subjetividad del experto poseedor del conocimiento que se automatizará, y también de los especialistas encargados de implementar los sistemas telemáticos de automatización. Entonces, superar el reto de traducción de las subjetividades involucradas implica proceder con el mencionado reconocimiento de patrones y las correspondientes inferencias, es decir transformar la subjetividad o inconsciente lógica de significaciones a «condiciones» y «decisiones», de un «árbol», o en el pseudocódigo de un sistema de información basado en el conocimiento como lo son las instrucciones *if y then* en un lenguaje de programación de *software*.

No obstante, desde el enfoque de gestión del conocimiento y en perspectiva formativas que incide en la dimensión social de las personas, exaltamos la necesaria ejecución de procesos colaborativos para construcciones interdisciplinarias cuya concepción de la complejidad de los sistemas organizacionales para solventar el reto de la sistematización explícita del conocimiento tácito que se ubica en la lógica de significaciones de los individuos y grupos.

En la dimensión individual, la problematización se fundamenta en la perspectiva inversa de la teoría de la epistemología constructivista (García, 2000, p. 95) que ubica al especialista con conocimiento tácito como individuo que construye conocimiento a partir de la interacción con objetos externos a sí mismo. Cuyas acciones repetidas generan esquemas de acción, como totalidades organizadas, a partir de dos procesos funcionales básicos como son la asimilación y la acomodación para dar paso a la construcción evolutiva de asimilación de objetos al esquema de acción, y luego al esquema conceptual. La nueva acomodación de los esquemas a las características de los nuevos objetos y la correspondiente asimilación involucra la construcción de nuevos esquemas y la acomodación de los anteriores, así como de sus coordinaciones. Esta asimilación conlleva la apropiación subjetiva de la realidad en el individuo.

Ante la subjetividad del conocimiento en el especialista, nos planteamos comprender y solventar la complejidad del proceso de ingeniería del conocimiento en diferentes casos asociados a distintas especialidades disciplinarias.

2. Metodología

Nuestra propuesta consiste en el diseño de un Sistema Experto, en versión prototipo, con información basada en el conocimiento especializado de los diferentes profesores, para la Evaluación Automatizada de Actividades Formativas con Lenguaje Natural Escrito en distintas asignaturas y titulaciones.

Nos ubicamos en la fase de diseño de la ingeniería de *software*, concretamente en la definición de requerimientos para la funcionalidad del sistema que radica en proporcionar al profesor la evaluación sugerida de las actividades basadas en lenguaje natural escrito de forma automatizada.

2.1. El método: estudio de casos

Analizamos una colección de casos de estudio para experimentar la integración del conocimiento de especialistas de diversas disciplinas que se alojarán en la base de conocimiento del sistema experto.

Las disciplinas de los casos de estudio corresponden a cuatro campos disciplinarios y titulaciones: Administración en salud, Administración de negocios, Comunicación y Educación.

El estudio de los casos se realiza en tres fases con interacciones reiteradas por cada fase. En este trabajo, documentamos la primera fase, que corresponde al caso piloto para validar y refinar la metodología y las prenociones investigativas.

El primer avance consiste en ejecutar el proceso de ingeniería del conocimiento, cuyo resultado preliminar, del estudio de caso piloto, se documenta con la representación formal en esta primera entrega. Es el caso de una actividad del área de la administración de salud.

El alcance final, y tercera fase de la investigación, consistirá en la integración de las diferentes actividades en un mismo sistema experto cuya construcción documentará el proceso de gestión del conocimiento durante la investigación-docencia con perspectiva interdisciplinaria y de la complejidad de los sistemas que realiza el grupo del área de Salud, adscrito al Laboratorio TIDI, de tecnología e investigación-docencia interdisciplinaria de la Universidad Nacional Autónoma de México, con el apoyo de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico, a través del Proyecto PE300423 (Carrillo, 2022), y con la colaboración de docentes de la Universidad Internacional de la Rioja en México.

El caso piloto

Un sistema de salud, además de proporcionar tratamientos y servicios que atiendan las carencias de salud de la población, es la suma de capital humano; instituciones y organizaciones; recursos, financieros, materiales, informacionales y de movilidad, así como una orientación y dirección, entre otros. (Tovar, 2017)

La generalidad de la complejidad organizativa del sistema, y pese a los diversos modelos operativos de cada Nación, ubican a la función directiva, administrativa y gerencial en una posición trascendental para la sostenibilidad de los sistemas nacionales de salud.

La relevancia y trascendencia de la formación para la administración y la dirección en salud ubica a las instituciones de educación superior que la imparten ante un reto fundamental: la necesidad de formar nuevos especialistas y profesionalizar el trabajo de los directivos que se encuentran actualmente realizando actividades en las organizaciones de atención a la salud.

La Educación Online y las actividades de aprendizaje para desarrollar capacidades conceptuales y habilidades profesionales que ubican al alumno como responsable —virtual— de la función de dirección y administración, en las cuales requieren mostrar su capacidad para tomar decisiones y resolver situaciones en el campo de la dirección y la administración, atienden el mencionado reto. Por ejemplo, el caso en el cual el alumno habrá de fundamentar y diseñar la implementación de un Programa de investigación traslacional en unidades de salud, para participar en Proyectos Internacionales de Innovación en la Práctica Médica para formular la vacuna contra el COVID, así como diseñar e implementar los procesos operativos para probar su utilidad.

En estas actividades, los sistemas expertos, de información basada en el conocimiento, son recursos que coadyuvan a la instrumentación práctica de la realidad virtual para los alumnos y apoyan la evaluación automatizada que realizan los profesores, específicamente en las actividades basadas en lenguaje natural escrito.

2.2. La construcción de un contexto de caos creativo

Si bien el contexto institucional es factor determinante en los recursos y la motivación del grupo, ante el avance tecnológico evidente es de reconocer que la automatización de procesos humanos simulados por la inteligencia artificial se basa en la capacidad instrumental para simular el conocimiento, a partir de las inferencias que determinan las decisiones, pero más aún el problema radica en la conciencia del humano sobre este conocimiento y sobre sus inferencias.

El problema de investigación radica en cómo reconocer el conocimiento para explicitarlo en representaciones formales de conocimiento que sirvan de «puente» entre diversas subjetividades y paradigmas disciplinarios que resulta en una cuestión asociada. Por ello, es necesario asegurar que los investigadores-docentes tienen las competencias blandas indispensables para el trabajo colaborativo que este proceso implica.

En este tenor, reconocemos la necesidad de construir un contexto de caos creativo que propicie y motive la participación autónoma y consensuada de cada uno de los integrantes del grupo colaborativo y multidisciplinario que integra esta experiencia de investigación. Por una parte, los docentes especialistas en la disciplina asociada a cada actividad formativa y, por la otra, los especialistas del ámbito tecnológico, encargados de la ingeniería de *software*. Para lo cual, la acción consiste en reconocer y propiciar las competencias blandas requeridas en un seminario permanente de investigación-docencia interdisciplinario asociado al desarrollo del *software*.

2.3. Las competencias del profesor-especialista para el trabajo colaborativo durante el proceso de ingeniería del conocimiento

Considerando las competencias necesarias para el trabajo colaborativo con base a Conaway (2021), Echeverría et al. (1996) y Valiente (2009) integrados con los procesos particulares de gestión del conocimiento descritos por Carrillo (2008), los procesos reiterados que se realizan durante la ingeniería del conocimiento radican en el trabajo colaborativo entre el profesor que es el experto poseedor del conocimiento especializado y el ingeniero del conocimiento, este trabajo implica saber hacer, saber estar y saber ser para poder dialogar, cooperar y compartir en tanto son habilidades indispensables para crear, evaluar y comunicar conocimiento colectivo durante el proceso de gestión del conocimiento. Con este enfoque planteamos estas habilidades como observables determinantes para identificar las competencias básicas de los profesores inmersos en un trabajo colaborativo y multidisciplinario aunadas a los conocimientos profesionales y técnicos:

1. Para concientizar y explicitar el conocimiento y las inferencias.
2. Para construir y sistematizar un metaconocimiento que integre el conocimiento explícito.
3. Para elaborar representaciones explícitas.

3. Resultados

El propósito inicial de la investigación se ubica por asociación natural en el campo de la inteligencia artificial. No obstante, el proceso demostró que el diseño de estos sistemas implica transformaciones organizativas que llevan a reconocer que la tecnología para la educación en línea debe integrarse a las necesidades de aprendizaje del alumnado y a las competencias docentes, así como a la estructura y al funcionamiento de la organización, inmersa en un entorno social dinámico.

Por lo anterior, fue indispensable desarrollar una perspectiva interdisciplinaria para atender la complejidad del desarrollo de un prototipo de sistema experto para la evaluación automatizada de actividades basadas en lenguaje natural escrito.

Desde esta óptica, se fundamenta la exposición de los resultados iniciales que a continuación se describen, ubicados en el terreno de la actividad y la tecnología para la educación en línea. Durante la fase de diseño, esta perspectiva articula conocimientos en torno a la normalización del diseño instruccional y el gobierno informático durante el proceso de Ingeniería del conocimiento para la definición de los requerimientos docentes.

En los resultados, es útil destacar que es indispensable aprender y comprender el lenguaje disciplinario propio de los expertos participantes porque es el medio primordial de interacción del grupo multidisciplinario responsable del proceso. Ello justifica el lenguaje que a propósito y congruencia se emplea en esta parte del trabajo.

En adición, con los resultados se comprobó que estos sistemas contribuyen a la mejora de la calidad, la gestión del conocimiento y el incremento de capital intelectual de las instituciones educativas.

3.1. Normalización del diseño instruccional de las actividades formativas

Si bien el diseño instruccional no fue parte del marco de referencia y objetivo del estudio, uno de los resultados mostró la necesidad de ampliar el gobierno informático a base de normalizar el diseño instruccional en las actividades formativas de la IES.

El diseño instruccional es el conjunto integrado y estructurado de las especificaciones para el desarrollo y la evaluación de situaciones que facilitan el aprendizaje en diferentes niveles de complejidad, y requiere de la implementación y el mantenimiento de recursos y ambientes

contextualizantes, como es el método de caso práctico. Este método describe una o algunas carencias acaecidas en la vida de una persona, familia, grupo u organización y ubica al alumno en situaciones problemáticas de la vida real para su estudio y análisis. De esta manera, se propicia la generación de soluciones con un aprendizaje basado en problemas, porque no se proporciona únicamente información concreta y útil, para discutir en grupo las posibles alternativas para atender la(s) carencias en un primer momento y a continuación reflexionar y analizar la situación a fin de concluir con su propia propuesta de solución.

Para efecto de un desarrollo de *software*, es determinante incorporar las especificaciones estructuradas y normalizadas de las actividades formativas porque forman parte de la estructura -lógica- del conocimiento que será sistematizado por el ingeniero del conocimiento durante el diseño del sistema experto.

El Caso de Estudio piloto se refiere a la Actividad formativa para la Administración en salud que se describe en la primera columna de la Tabla 1, en el cual se observó que la redacción de la actividad adolece de los criterios mínimos de andamiaje y evaluación referidos por el diseño instruccional.

Específicamente, para el andamiaje, la actividad adolece de los elementos de apoyo, como mapas mentales, cuestionarios o ejemplos, entre otros. Esta falta deriva en la actividad de evaluación que debería incluir

[...] la explicitación de los conocimientos, las estrategias y procesos mentales que entran en juego para resolver la tarea, así como las habilidades, actitudes y valores esperados y para llevar a cabo la evaluación de desempeño, se requieren [criterios de análisis] para describir los productos a examinar, tales como respuestas orales o escritas, la elección de un distractor en una prueba de opción múltiple, una ejecución o un conjunto de trabajos realizados. (UV, 2010, p. 8; UV, s.f.)

La ausencia de los criterios de análisis referidos propicia la amplitud «infinita», naturalmente asociada al lenguaje humano en las respuestas por parte del alumno, y para el profesor dificulta la actividad de evaluación principalmente, porque no cuenta con criterios claros para reconocer qué calificará y, por consiguiente, no permite asignar una calificación. Peor aún, dificulta la posibilidad de emitir una retroalimentación concisa en tanto que emerge la posibilidad de caer en la repetición de comentarios genéricos que no se relacionan directamente con el logro particular del alumno, de los objetivos de desempeño o de los productos específicos, que debería generar. Esta situación, es significativa, porque los criterios de andamiaje y evaluación serían determinantes para retroalimentar a los alumnos sobre sus avances y les permitirían corregir o mejorar sus estrategias para la resolución de problemas durante una actividad formativa, como se espera con la propuesta de este caso de estudio piloto

Para efecto del diseño del prototipo del sistema experto, en la primera interacción de análisis e interpretación del proceso de ingeniería del conocimiento, del estudio piloto, se le pidió a un especialista y profesor explicitar el proceso que realiza para tomar la decisión acerca de la calificación que asigna a sus estudiantes para la actividad. La respuesta del especialista fue inmediata, lo cual demuestra el grado de apropiación subjetiva del conocimiento tácito. El resultado de esta primera interacción es descrito en la segunda columna de la Tabla 1.

Tabla 1. Ingeniería del conocimiento
Estudio de Caso Piloto: Actividad Formativa para Administración en salud

Actividad Formativa	1er. Proceso de Análisis e Interpretación: inferencias para evaluar las actividades
<p>Centrado en el contexto y la situación de la unidad, servicio o centro en el que trabajas desarrolla lo siguiente.</p> <p>Plantea una matriz basada en la metodología del análisis DAFO con respecto a la capacidad y orientación a conducir proyectos de investigación traslacional de tu servicio, centro o unidad.</p> <p>Aspectos para considerar: esta matriz es una tabla de doble entrada (con 4 casillas), piensa cada uno de los criterios y dimensiones y cómo obtendrías la información para plasmarla en la tabla. Establece los contenidos de cada una de las 4 casillas de la tabla:</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Conocer los conceptos básicos aplicados a la prestación de los servicios de salud. 2. Comprender cómo el alumno interpreta las leyes, normas y guías clínicas para establecer los procesos necesarios para la prestación de servicios de salud. 3. Analizar cómo el alumno relaciona los conceptos acordes al contexto de las unidades de salud en su operación. 4. Integrar el conocimiento de su formación profesional y académica para validar que el alumno haya relacionado los conocimientos adquiridos durante el desarrollo de las sesiones para la solución del problema planteado. 5. Discriminar entre las ideas y dar valor a la aplicación teórica, basándose en argumentos razonados acorde a la evidencia disponible.

Fuente: elaboración propia

Como resultado de esta primera interacción, planteamos normas para las actividades formativas con objeto de incorporar elementos de apoyo para el alumno y con ello atender los criterios de andamiaje del diseño instruccional. Estas normas consisten en la incorporación de las nociones de «Caso Práctico» y de «Guía para el desarrollo de Caso Práctico» como una de las diferentes modalidades de actividades formativas entre los profesores-especialistas poseedores del conocimiento experto.

Consistente en una guía, en la cual se integraron como requisitos indispensables los apartados propósito, objetivo de aprendizaje, metodología, estructura del entregable y criterios de evaluación asociados al objetivo de aprendizaje, así como cuestionarios y cuadros como recursos de apoyo y sistematización de datos e información de base, que son requeridos por el alumno para la elaboración de la actividad en el apartado de metodología, como puede observarse en la Tabla 2 y, de forma simultánea, exigen del profesor que estructure y sistematice su conocimiento tácito y que también lo transforme a conocimiento explícito a través de alguna modalidad de representación formal, matrices, mapas mentales, diagramas o cuestionarios, por mencionar algunos ejemplos.

Tabla 2. Normalización del Diseño Instruccional en las Guías de Actividades
Estudio de Caso Piloto: Actividad Formativa para Administración en salud

I. CONTENIDO	<p>Propósito de la actividad Objetivo de aprendizaje</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Metodología para desarrollar la actividad [especificar tipo de actividad: caso práctico, foro, entre otros] 2. Estructura del entregable 3. Criterios de evaluación 4. Rúbricas de evaluación 												
II. EJEMPLO	<p>Propósito de la Actividad</p> <p>Mediante este trabajo, se busca que el alumno demuestre su capacidad para aplicar correctamente los métodos de investigación, planificación y evaluación útiles en planificación sanitaria, indispensables para liderar un servicio o una unidad de gestión clínica.</p>												
	<p>Objetivos de aprendizaje</p> <p>Plantear una matriz basada en la metodología de análisis DAFO con respecto a la capacidad y orientación hacia la conducción de proyectos de investigación traslacional de una unidad o un servicio de atención a la salud.</p>												
	<p>1. Metodología para desarrollar el caso práctico</p> <p>Centrado en el contexto y situación de la unidad/el servicio/centro de atención a la salud en el que trabajas, desarrolla los siguientes puntos de esta guía, en particular, para desarrollar, el punto 1.1 de esta metodología: organiza la información en una Matriz de contexto haciendo uso de la siguiente matriz:</p> <table border="1" data-bbox="507 972 1410 1232"> <thead> <tr> <th colspan="2" style="text-align: center;">Matriz de contexto</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: center;">Nombre de la unidad/servicio/centro de atención a la salud en el que trabajas</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: center;">Modelo de atención</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: center;">Nivel de atención</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: center;">Grupo etario que atiende</td> </tr> <tr> <td style="width: 50%;"></td> <td style="text-align: center;">Tipo de localidad de la población que atiende</td> </tr> </tbody> </table> <p>Además de la Matriz de contexto, para el desarrollo del siguiente apartado 1.2, diseña y organiza la información en una Matriz de investigación traslacional y también diseña y organiza la información en una Matriz DAFO (Debilidades, Amenazas, Fortalezas y Oportunidades).</p>	Matriz de contexto			Nombre de la unidad/servicio/centro de atención a la salud en el que trabajas		Modelo de atención		Nivel de atención		Grupo etario que atiende		Tipo de localidad de la población que atiende
	Matriz de contexto												
	Nombre de la unidad/servicio/centro de atención a la salud en el que trabajas												
	Modelo de atención												
	Nivel de atención												
	Grupo etario que atiende												
	Tipo de localidad de la población que atiende												
<p>1.1 Puntos a desarrollar con esta guía</p> <ul style="list-style-type: none"> - Descripción del contexto que se analiza, cuya información se observa en una Matriz de contexto. - Descripción de las ventajas, desventajas y requerimientos que la organización tendría si se conducen proyectos de investigación traslacional, cuya información se observa en una Matriz de investigación traslacional. - Descripción del futuro deseado, de los recursos y de las capacidades de la organización que se analiza, cuya información se observa en una Matriz DAFO. 													
<p>2. Partes que integrarán el entregable</p> <p>Portada</p> <ul style="list-style-type: none"> - Logo de la Universidad - Nombre completo del programa académico que se está estudiando - Nombre de la materia - Título del documento o trabajo presentado - Nombre completo del alumno en formato de nombre propio, apellido paterno y materno <p>Índice</p> <p>Desarrollo</p> <p>Análisis e interpretación de las siguientes matrices:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Matriz del contexto - Matriz de investigación traslacional 													

- Matriz DAFO

Conclusión

Fuentes de información

3. Evaluación	Portada, Índice e Introducción son requisitos indispensables Matriz de contexto (3 puntos) Matriz de investigación traslacional (5 puntos) Matriz DAFO (2 puntos) Conclusión es requisito indispensable Fuentes de información es requisito indispensable
----------------------	---

4. Rúbricas de evaluación para cada puntaje	Contenido del tema. <ul style="list-style-type: none">- Incluye todo lo solicitado respetando la estructura requerida- Desarrollo y Análisis (argumentación fundamentada)- Para documentar cada apartado debes aplicar los conocimientos adquiridos para la descripción, la argumentación (comentarios, reflexiones o ideas) y documentar de forma explícita la fundamentación de tus argumentos con base en los contenidos UNIR, las sesiones presenciales, las presentaciones del profesor, artículos, libros, leyes, normas, guías clínicas u otra fuente de información. Fundamentación argumentada <ul style="list-style-type: none">- En la fundamentación empleada deberás registrar la referencia y fuente de información empleando la citación formal de la norma Vancouver- Citas y referencias (fundamentos de la argumentación) Ortografía y redacción <ul style="list-style-type: none">- Contenidos correctos y uso adecuado de terminología médica, normativa y administrativa.- Correcta redacción, ausencia de faltas de ortografía y capacidad didáctica que contengan las respuestas Extensión y formato <ul style="list-style-type: none">- Páginas 5, máximo; letra georgia 11 e interlineado 1.5.
--	---

Fuente: elaboración propia

3.2. El gobierno informático

La incorporación de normas para el diseño instruccional y la correspondiente representación formal del conocimiento explícito resultó en un avance significativo del proceso de interacción entre el profesor especialista y experto con el ingeniero del conocimiento, porque esta representación formal de los recursos de andamiaje adopta un cuádruple propósito, es guía para el alumno que elabora la actividad formativa, establece criterios claros de análisis y evaluación para el profesor, y también establece los objetos de conocimiento para la sistematización que realiza el ingeniero del conocimiento e incluso son empleados como interfaces gráficas de usuario que implementa el informático para el desarrollo de *software*.

En esta dirección, se procedió a establecer las normas para traducir este instrumento a representaciones formales que permitieran la «traducción» del conocimiento especializado hacia el campo especializado de la ingeniería del conocimiento y la consecuente ingeniería de *software*, que es la base para el diseño del sistema experto, específicamente para la base de conocimientos y el motor de inferencias.

La norma estableció usar como representaciones formales diagramas de flujo y diagramas de árbol asociados a un lenguaje matemático, principalmente al de la lógica booleana.

Los resultados en este estudio de caso piloto se documentan en la Tabla 3, que explicita los objetos y sus correspondientes dominios de conocimiento.

Tabla 3. Objetos y dominios de conocimiento
Estudio de Caso Piloto: Actividad Formativa para Administración en salud

Hechos y reglas	Dominios de los objetos de conocimiento	A. Descripción de la organización (contexto) A.1. Clasificación según el Modelo de atención a la salud A.2. Nivel de atención a la salud A.3. Ubicación geográfica A.4. Población que atiende
Inferencias	Dominios de los criterios de evaluación	a. Calificación de la actividad {si a.1>=0.7 entonces (a.2*0.3)+(a.3*0.7); si a.1<=0.7 entonces (a.2*0.3)+(a.3*0.7)-2} a.1. Calificación Matriz de contexto {a.1= a.1.1+....} a.1.1 Calificación Modelo de Atención a la salud {Si A.1=A.1.1 or A.1=A.1.2 or A.1=A.1.3 entonces a.1.1=0.25 si no entonces a.1.1=0}

Fuente: elaboración propia

Los objetos y dominios de inferencias, en la Tabla 4, que corresponde a una muestra explícita de las normas para elaborar el correspondiente diagrama de flujo.

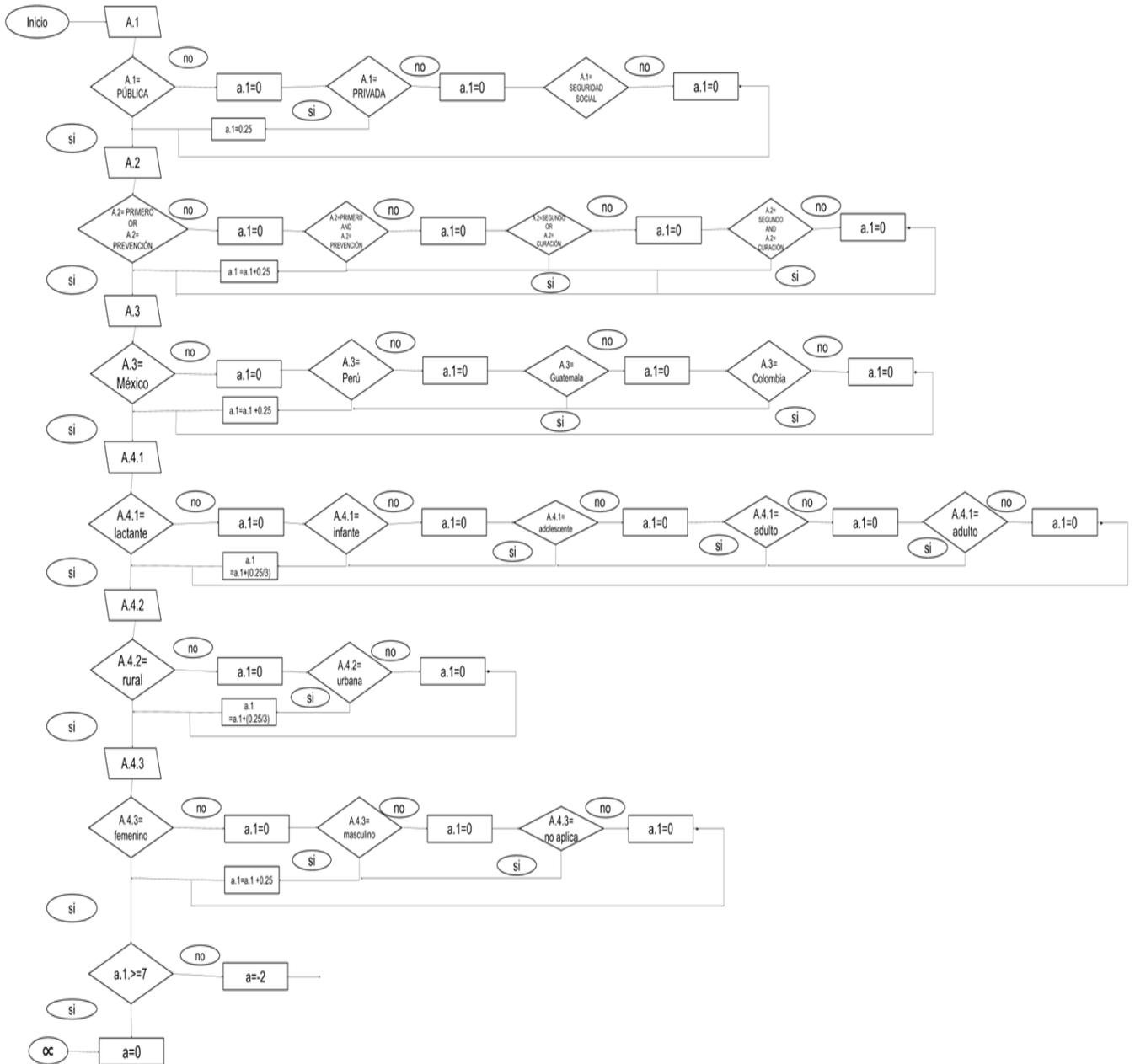
Tabla 4. Gobierno informático
Normas para la elaboración de diagramas de flujo del proceso de evaluación automatizado (estructura y nemotecnia).
Estudio de Caso Piloto: Actividad Formativa para Administración en salud

símbolo	nombre	función
	inicio / final	inicio y final de un proceso
	línea de flujo	dirección de la ejecución de las operaciones hacia la siguiente instrucción
	entrada / salida	ingreso y salida de datos
	proceso	todo tipo de operación
	decisión	analizar para decidir con base a verdadero y falso

Fuente: elaboración propia con el software libre smartdraw online.

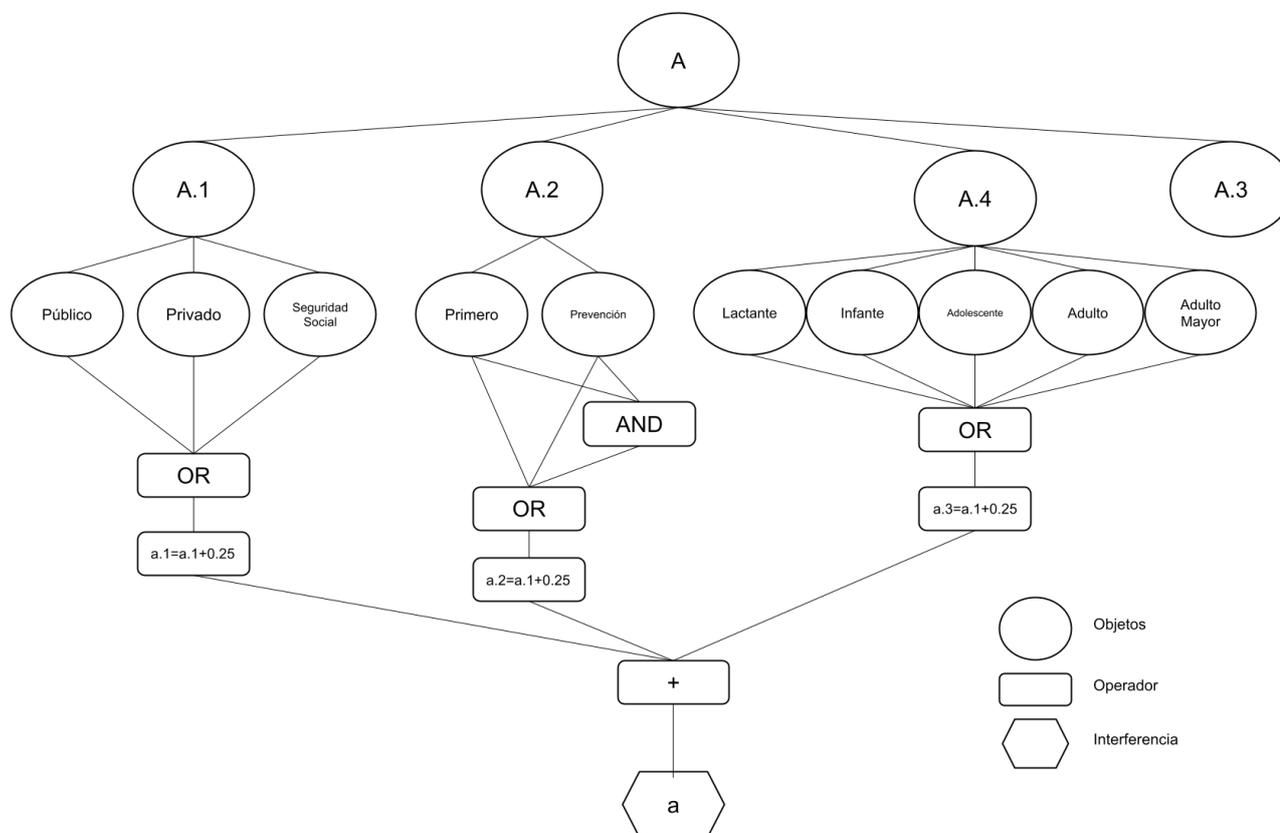
Una vez aplicadas las normas del gobierno informático, se expone, en la Figura 2 y la Figura 3, respectivamente, a manera de muestra, parte del diagrama de flujo y el diagrama de árbol, que son las representaciones formales del conocimiento explícito de la relación [reglas] entre objetos [o hechos] de conocimiento, ambas básicas para aplicar los criterios de evaluación automatizada [inferencias] de las actividades formativas basadas en lenguaje natural escrito. Estos resultados demuestran el efecto y la trascendencia de la apropiación del lenguaje del experto —docente—, porque permiten la «traducción» a un lenguaje y representación formal propios del campo de los sistemas expertos.

Figura 2. Diagrama de flujo
Estudio de Caso Piloto: Actividad Formativa para Administración en salud



Fuente: elaboración propia

Figura 3. Diagrama de árbol.
Estudio de Caso Piloto: Actividad Formativa para Administración en salud



Fuente: elaboración propia

Con este ejercicio de gestión del conocimiento, durante el cual se traduce conocimiento tácito del docente especialista en conocimiento explícito, se demuestra la utilidad de las representaciones formales del conocimiento, porque reducen la amplitud «infinita» y natural del lenguaje humano para formar un lenguaje y modelo conceptual que visualmente es común semántica y sintácticamente para todos los interesados. A su vez, las normas del diseño instruccional y del gobierno informático sientan la base del contexto de caos creativo que posibilita la gestión del conocimiento caracterizada por el diálogo y la interacción durante el trabajo colaborativo, incluso entre especialistas de diversas disciplinas.

Este modelo de gestión del conocimiento, así como el prototipo del sistema experto, entendidos como recursos basados en información y el conocimiento abonan al capital intelectual de la organización ya que aplican para la evaluación y desempeño organizacional en la perspectiva administrativa.

3.3. Formación de competencias para el trabajo colaborativo multidisciplinario

Si bien logramos un resultado y un avance significativos, es evidente que el proceso de diseño y posterior desarrollo de este tipo de tecnología para la educación en línea conllevó la necesidad de formar diversas competencias en los involucrados

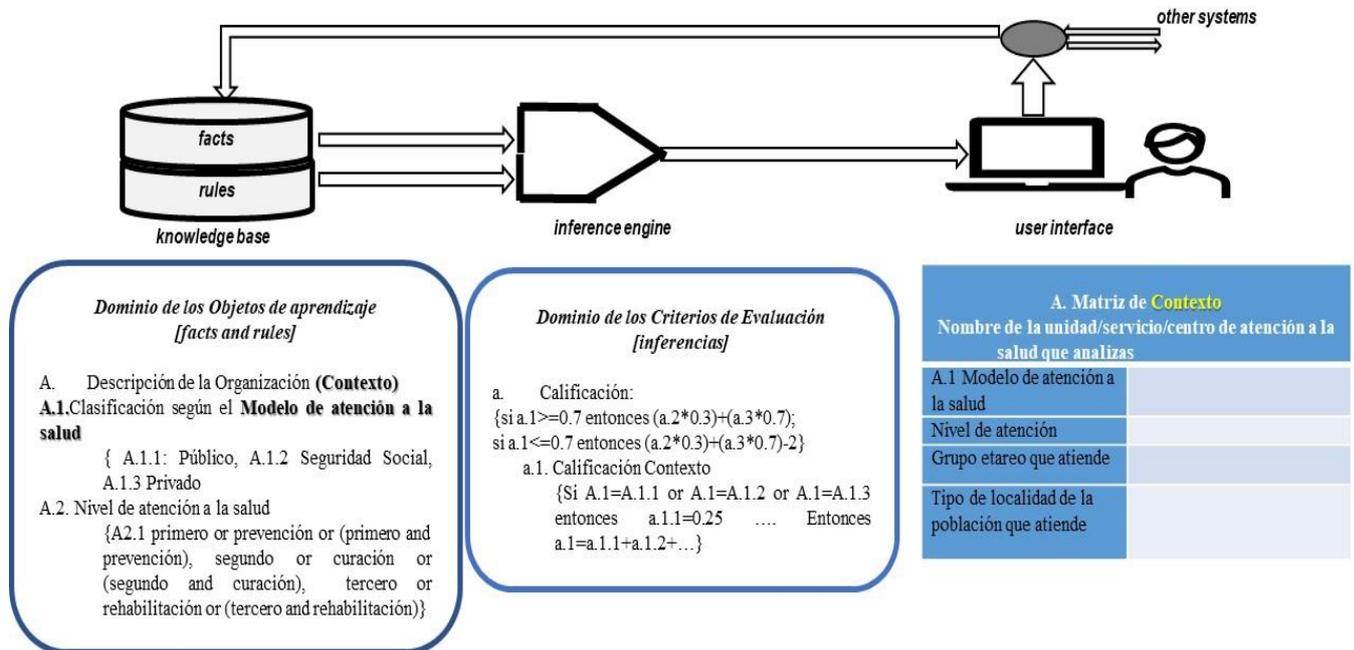
Es relevante distinguir las competencias blandas para el diálogo, la comunicación y el trabajo colaborativo en perspectiva multidisciplinaria.

3.4. Prototipado del sistema experto

El resultado final de lo que fue un estudio piloto y experiencia multidisciplinaria se expone a través de la Figura 4, en la cual se integran en una totalidad organizada los conocimientos explícitos de los especialistas involucrados, dando atención a la primera fase de la ingeniería de *software*,

correspondiente al diseño del prototipo del sistema experto para la evaluación automatizada de actividades formativas basadas en el reconocimiento de lenguaje natural escrito.

Figura 4. Arquitectura del Prototipo de Sistema Experto
Estudio de Caso Piloto: Actividad Formativa para Administración en salud



Fuente: elaboración propia

Este avance muestra la utilidad de nuestra metodología para propiciar el trabajo colaborativo y multidisciplinario para la concepción del sistema, así como la valía de la representación formal de lo que será la arquitectura y funcionalidad del sistema en cuestión ya que visibiliza el conocimiento explícito de la subjetividad —o conocimiento tácito— del docente y poseedor del conocimiento especializado.

4. Conclusión

El resultado de este caso de estudio piloto nos ha mostrado la utilidad de la metodología propuesta y nos dirige a solventar las necesidades de transformación organizacional, como el primer paso esencial para proceder con el desarrollo de la tecnología para la educación en línea que nos planteamos en tanto alcance final del proyecto amplio de investigación.

De acuerdo con los hallazgos complementarios y aprendizajes, podemos ubicar tres aspectos fundamentales que nos dirigen a incorporar las perspectivas interdisciplinarias y de la complejidad de los sistemas organizacionales en la continuidad investigativa.

1. La Tecnología para la Educación en línea, como lo es un Sistema Experto, es un vector de la complejidad organizacional [IES], que se integra a los vectores Organización [estructura y funcionamiento para la enseñanza] y objetivos de satisfacción al Usuario Final [aprendizaje].
2. Los especialistas del desarrollo de Tecnología para la Educación en línea forman parte del equipo multidisciplinario de la IES y deberán conocer los objetivos organizacionales y participar en el trabajo colaborativo.
3. El proceso y los productos resultantes, basados en el conocimiento y la información del trabajo colaborativo multidisciplinario se traducen en gestión del conocimiento y capital intelectual para la IES.

Referencias

- Abeliuk, A., & Gutiérrez, C. (2021). Historia y evolución de la inteligencia artificial. *Revista Bits de Ciencia*, 21, 14-21. <https://revistasdex.uchile.cl/index.php/bits/article/view/2767/2700>
- Bádaró, S.; Ibañez, L. & Agüero, M. (2013). Sistemas expertos: fundamentos, metodologías y aplicaciones. *Ciencia y Tecnología*, 13, 349-364. <https://doi.org/10.18682/cyt.v1i13.122>
- Carrillo, L. (2008). *Sociedad del conocimiento. Academia, administración, complejidad y tecnología*. Universidad Nacional Autónoma de México-SITESA.
- Carrillo, L. (2022). *Diseño instruccional y prototipo de un sistema experto para la evaluación de actividades formativas con lenguaje natural escrito en la dirección en salud*. Proyecto PAPIME300423-DGAPA, Universidad Nacional Autónoma de México.
- Conaway, C. (2021). Habilidades de colaboración: qué son y cómo manejarlas. *Eebex Blog*. Recuperado en abril de 2023 de: <https://blog.webex.com/es/videoconferencias/habilidades-de-colaboracion-que-son-y-como-mejorarlas/>
- Echeverría, B. (Coord.), Isus, S., Sarasola, L. & Blazquez, B. (1996). *Orientación profesional*. Universitat Oberta de Catalunya.
- Espino, C., Cruz, A. & Zumba, J. (2021). Métodos de extracción de comentarios de la red social Twitter para uso en procesamiento de Lenguaje Natural. *Polo de Conocimiento: revista científico-profesional* 6(11), 104-123. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8219332>
- García, R. (2000). *El conocimiento en construcción. De las formulaciones de Jean Piaget a los sistemas complejos*. Gedisa.
- Oliva, C. (2016) Subjetividad y objetividad. A.M. Salmerón Castro, B. F. Trujillo Reyes, A. Del Huerto Rodríguez y M. De la Torre Gamboa (Coords). *Diccionario Iberoamericano de Filosofía de la Educación*. Facultad de Filosofía, Universidad Nacional Autónoma de México. Recuperado en marzo de 2023 de: <https://www.fondodeculturaeconomica.com/dife/definicion.aspx?l=S&id=21>
- Piaget, J. & García, R. (1987). *Hacia una lógica de significaciones*. Gedisa.
- Rufasto Godos, D. L. (2018). *Prototipo de sistema experto para diagnosticar y proponer la solución de fallas de una red de área local del Centro de Informática y Telecomunicaciones en la UNP-año 2016* [Tesis para optar al título de Ingeniero Informático, Universidad Nacional de Piura]. <http://repositorio.unp.edu.pe/handle/20.500.12676/2782>
- Tovar, F. (2017) Sistema de Salud. *Diccionario enciclopédico de legislación en salud*. Ministerio de Salud Argentina. <https://salud.gob.ar/dels/entradas/sistema-de-salud>
- Universidad Veracruzana. (2010). *Pasos para el diseño de tareas/proyectos de aprendizaje para el desarrollo de competencias y pensamiento complejo*. Proyecto Aula, Universidad Veracruzana. <https://www.uv.mx/personal/joacosta/files/2010/07/4-Pasos-D.I.1.pdf>
- Universidad Veracruzana. (s.f). Componentes del diseño instruccional. *Proyecto Aula. Estrategia para la innovación de la práctica docente*. http://www.acet-latinoamerica.net/aula_taller/index.htm
- Valiente Barderas, A., Y Galdeano Bienzobas, C. (2009). La enseñanza por competencias. *Educación química*, 20(3), 369-372. [https://doi.org/10.1016/S0187-893X\(18\)30038-7](https://doi.org/10.1016/S0187-893X(18)30038-7)