

# Estrategia general para el desarrollo de ontologías

## General strategy for ontology development

Marco Antonio Lozano Castro<sup>1</sup>✉, Blanca Elena Cazares Salais<sup>1</sup>, Mariel Sofía Cisneros Pérez<sup>1</sup>, Hugo Alberto Morales Casas<sup>1</sup>, Jose Heriberto Bretado Retana<sup>1</sup>, Jorge Enrique Rodas-Osollo<sup>1</sup>, Alicia Margarita Jiménez-Galina<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Autónoma de Ciudad Juárez (UACJ), Instituto de Ingeniería y Tecnología.

### RESUMEN

Para diversas organizaciones, se ha vuelto parte fundamental de sus principios el tener que adaptarse a una era cognitiva que se basa en presentar estrategias apropiadas y efectivas para la resolución de problemas utilizando el conocimiento organizacional. Por ello, se suele utilizar estas herramientas para la toma de decisiones con base en la información que han ido obteniendo a través del tiempo en sus campos. Con el propósito de modelar y tener la posibilidad de consultar el conocimiento disponible de algún dominio de estructura informal, el presente documento introduce una estrategia general basada en un conjunto de actividades que sustentarán la creación de ontologías para este tipo de dominios, implementada en lenguaje OWL. Esta estrategia fue probada empleando dos casos de estudio distintos: la terapia electroconvulsiva y el estrés laboral, resultando favorable en ambos casos y demostrando su efectividad y posible implementación para cualquier otro dominio de este tipo.

**PALABRAS CLAVE:** ontología; léxico extendido del conocimiento del dominio; modelado conceptual.

### ABSTRACT

For several organizations, having to adapt to a cognitive era that is based on presenting appropriate and effective strategies for problem solving using organizational knowledge has become a fundamental part of their principles. For this reason, these tools are usually used for decision-making based on the information they have been obtaining over time in their fields. With the purpose of modeling and having the possibility of querying the available knowledge of some domain of informal structure, this paper introduces a general strategy based on a set of activities that will support the creation of ontologies for this type of domains, implemented in OWL language. This strategy was tested using two different cases: electroconvulsive therapy and work stress, resulting favorable in both cases and demonstrating its effectiveness and possible implementation for any other domain of this type.

**KEYWORDS:** ontology; knowledge domain extended lexicon; conceptual modeling.

#### Correspondencia:

**DESTINATARIO:** Marco Antonio Lozano Castro  
**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:** al206562@alumnos.uacj.mx

**Fecha de recepción:** 2 de junio de 2022. **Fecha de aceptación:** 21 de septiembre de 2022. **Fecha de publicación:** 4 de octubre de 2022.



## I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, diversas organizaciones requieren integrarse a la era cognitiva para contar con alternativas que les apoyen en la resolución de problemas y la toma de decisiones con base en su conocimiento [1], [2]. Por ello, deben pasar por la era digital (transformación digital). Para resolver problemas y tomar decisiones, los seres humanos utilizan su experiencia y precisamente esta es la que se necesita representar en el proceso de transformación digital [3].

Sin embargo, el poder representar ese conocimiento no siempre es fácil, debido a que este puede estar disperso o provenir de varias fuentes, ya que depende de la experiencia y contexto [4]. Por ejemplo, se sabe que el conocimiento está en constante evolución, es decir, algo que se asegura el presente año muy probablemente estará obsoleto en cinco o diez años [5]. También se puede ver como obstáculo el hecho de que, además de ser voluminoso, es difícil representar el conocimiento con precisión.

Este conocimiento se puede clasificar en explícito, es decir, estructurado y bien definido, y tácito, mayormente informal y no estructurado [4]. De la misma manera, los dominios (áreas del conocimiento), de acuerdo con la cantidad de conocimiento tácito y explícito que contengan, se pueden clasificar en dominios formales y dominios de estructura informal (Informally Structured Domains, ISD) [6].

En los ISD, la representación del conocimiento es compleja debido a se encuentra repartido tanto en fuentes estructuradas como en no estructuradas y corresponde mayormente a conocimiento tácito con base en la experiencia de los especialistas que se desempeñan dentro del dominio [7]. Por tanto, para poder representar la mayor parte de ese conocimiento es necesario un proceso que, auxiliándose de diferentes modelos, permita contextualizar y formalizarlo, eliminando ambigüedades y llegando a un consenso entre los especialistas del dominio y de la solución [8].

Entonces, las soluciones cognitivas (con base en conocimiento) en la era cognitiva representan un reto debido a la complejidad de representar formalmente el conocimiento tácito en explícito de un dominio en particular [7], [9]. Algunas de las formas más utilizadas para esta tarea son las ontologías, las redes semánticas, la lógica y las reglas, entre otras.

Para representar el conocimiento en los ISD en el ámbito de la salud, se han desarrollado algunas ontologías, como las mencionadas en [10], [11], [12], [13]. En parte, esto se debe a la posibilidad de representar de manera estructurada la complejidad del conocimiento del dominio sin perder el detalle en cada una de sus partes. Conforme pasa el tiempo, las ontologías han logrado posicionarse como una herramienta de representación cuando se trata de formalizar el conocimiento para estos dominios [9].

Una *ontología* es una representación del conocimiento que reduce la ambigüedad de comunicación entre los usuarios y especialistas en un dominio de aplicación particular [14]. Se encuentra formada por un conjunto de conceptos con atributos y relaciones entre sí, los cuales tienen una terminología específica para ese dominio [9], y básicamente describe el dominio de manera específica y puntual. Todo esto sirve para representar conocimiento compartido y consensuado del dominio que pueda ser comunicado entre usuarios y especialistas.

El objetivo del presente artículo es comunicar la aplicación de una estrategia para el desarrollo de una ontología dados dos casos de estudio.

### A. ANTECEDENTES

La transformación digital integra diversas tecnologías dentro de las organizaciones para cambiar el modo en que funcionan e implementan nuevas herramientas en la obtención de mejores resultados [2]. Las organizaciones dependen de la transformación digital para mantenerse en el mercado actual.

La transformación digital permite a las empresas responder a las necesidades de los consumidores a la vez que las sitúa en una mejor posición para competir, ya que no desarrollarse o adaptarse significa quedarse atrás y perecer en el futuro [15].

Todas las empresas se construyen por medio de procesos. La transformación digital busca automatizar los procesos de trabajo de las organizaciones con el fin de obtener datos valiosos, así como mejorar los servicios y productos que ofrecen. A través del procesamiento y análisis de dichos datos, se puede obtener conocimiento y así brindar una mejor experiencia al usuario [16].

El proceso para llegar al conocimiento parte de los datos, los cuales tienden a no tener un sentido o valor por

sí solos. Una vez que los datos son ordenados y permiten tener un entendimiento de ellos, se convierten en información. Esta última se transforma en un material para inicializar la formalización del conocimiento, pues si bien contiene datos estructurados, necesita de un entorno en el que tenga un significado. Esta significancia es la que convierte la información en conocimiento [4], de manera que se vuelve necesario representarlo para tener un entendimiento en detalle de él.

Ahora bien, en los ISD la complejidad de la representación del conocimiento se debe a que no todos los conceptos y sus relaciones están formalmente definidos, sino que estas definiciones se tendrán que basar en un consenso. Además, las soluciones de los problemas en estos dominios son diversas, consensuadas e inverificables, por lo que no existen algoritmos para llegar a estas. Por tanto, los especialistas generalmente construyen una estructura parcial con el conocimiento explícito para obtener la solución de un problema de esta índole. Por esto siempre se requiere una gran cantidad de conocimiento tácito para obtener una solución aceptable, generada ayudándose de todas las personas inmersas en el dominio [8].

### B. REPRESENTACIÓN DEL CONOCIMIENTO

En este sentido, una ontología permite explicitar el conocimiento de un dominio en particular. Para lograrlo, se *elicita* el conocimiento, es decir, se extrae y recopila el conocimiento e información de especialistas del dominio, teorías, documentos y algunas otras fuentes. Por medio de entrevistas grabadas que son analizadas en detalle, así como de artículos disponibles, se extraen los conceptos relevantes del dominio a representar. Por tanto, se realizan las siguientes tareas: se define el léxico extendido del conocimiento del dominio (Knowledge Domain Extended Lexicon, KDEL), posteriormente se construye el modelo conceptual y, finalmente, la ontología. Estas tareas son descritas a continuación.

### C. LÉXICO EXTENDIDO DEL CONOCIMIENTO DEL DOMINIO

Esta tarea corresponde a una evolución de lo que es conocido como el léxico extendido del lenguaje (Language Extended Lexicon, LEL). El KDEL está basado en una representación semántica semiformal, en la que se profundiza el entendimiento de los símbolos a través del recurso de nuevos elementos. Estos son clasificados en objetos, sujetos y verbos, y además se agrega a la es-

tructura del LEL el comportamiento actual y futuro, así como los requisitos no funcionales y definiciones. [17].

La elaboración de cada uno de los elementos del KDEL implica una adquisición de conocimiento e identificación de conceptos claves, a los cuales se necesita definirles una relación entre ellos. En la Figura 1 se muestra un esquema conceptual del KDEL, en el cual se observan los elementos que lo componen.

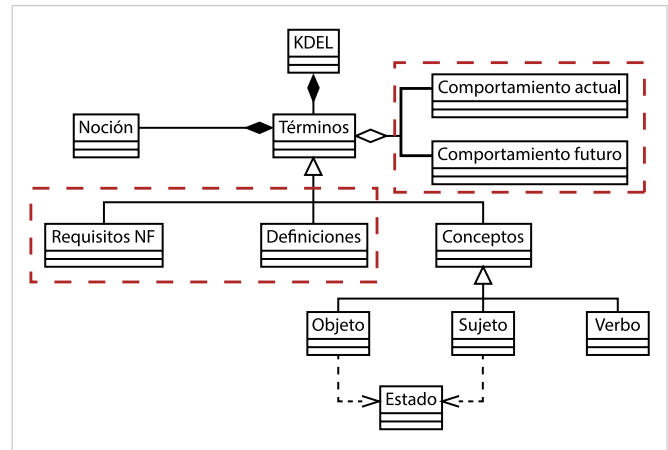


Figura 1. Esquema conceptual del KDEL tomado de [17].

Al ser el KDEL la evolución que enriquece el LEL, se agregan nuevos símbolos, como definiciones y requisitos no funcionales, así como el comportamiento actual y futuro [18], de manera que cada símbolo esté enriquecido y se obtenga el mayor entendimiento de cada uno, con lo que se logra emparejar la comunicación entre los especialistas del dominio y de la solución [19]. También, el KDEL es de gran ayuda para construir un modelo conceptual gráfico que provee un medio visual para facilitar su validación por los especialistas [19].

### D. MODELO CONCEPTUAL

Con esta tarea se busca generar una representación gráfica de los conceptos utilizados en un dominio, así como las relaciones existentes entre ellos [20] a partir del KDEL. Este modelo permite construir una estructura formal del conocimiento existente en el dominio, de manera que los involucrados en el proceso puedan entender el entorno en el que se desempeñaran sin la necesidad de ser un especialista en ello.

Hay maneras estructuradas para generar modelos conceptuales a partir del KDEL, por ejemplo, en [21] se utiliza un metamodelo con el fin de poder ordenar los

conceptos a partir de una estructura previamente establecida. Sin embargo, el uso de diagramas de clases es una manera de representación. En la Figura 2 se mues-

tra el proceso de construcción del modelo conceptual a partir del KDEL.

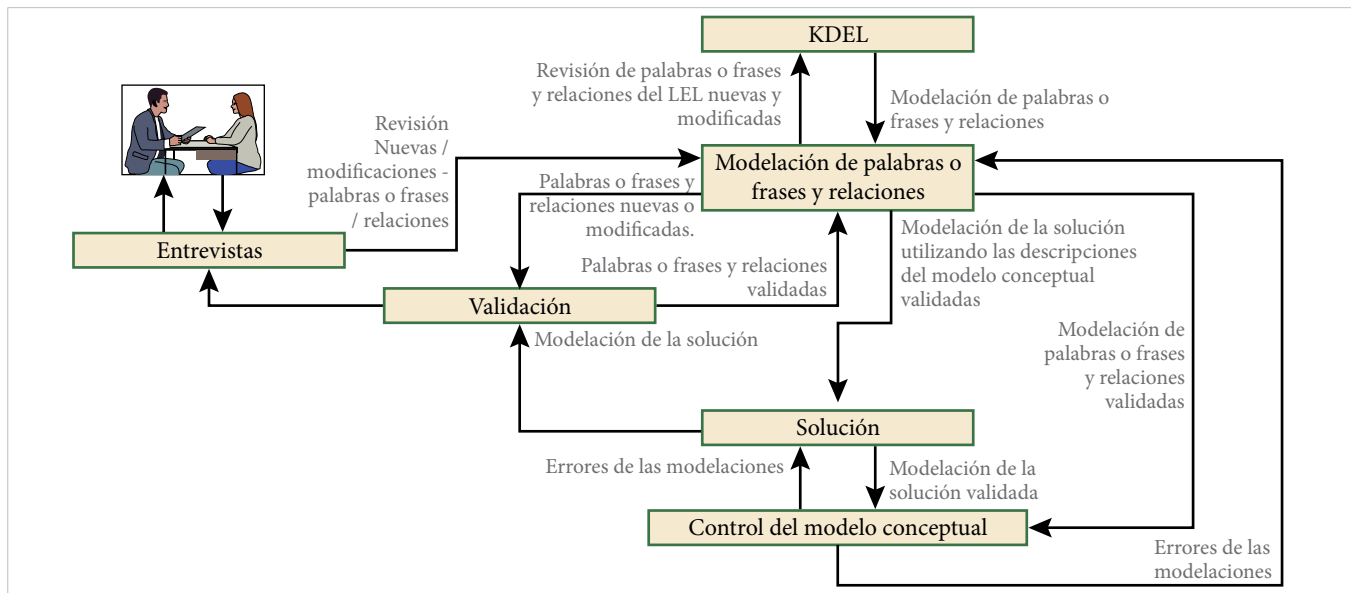


Figura 2. Proceso de construcción del modelo conceptual a partir de KDEL elaborado con base en [17].

### E. ONTOLOGÍA

Una vez terminadas y validadas las tareas anteriores (KDEL y modelo conceptual), se desarrolla la ontología, la cual es un modelo de representación de conocimiento del dominio donde es posible conectar entidades con sus relaciones a fin de tener un vocabulario y una taxonomía acordada para el intercambio de información del dominio [14]. Esta tarea busca generar una representación de conocimiento con ayuda de un lenguaje de semántica web de manera que sea procesable e interpretable por una computadora [22].

### F. ANTECEDENTES DE LOS CASOS DE ESTUDIO

La estrategia para el desarrollo de ontologías se aplicó en dos ISD diferentes. El primer caso estudio corresponde a un dominio de aplicación de la terapia electroconvulsiva (Electroconvulsive Therapy, ECT), la cual es considerada un ISD debido a la diversidad de variables que involucra, tales como la identificación de síntomas y la cantidad e intensidad de electrochoques que se aplican al paciente, así como la medición de las respuestas obtenidas utilizando pruebas de reacción que dependen de la experiencia y conocimiento del especialista (en este caso, el médico) [23].

El segundo caso de estudio se enfoca en el dominio del estrés laboral, considerado también como ISD debido a la diversidad de factores estresores que pueden afectar al trabajador, que pueden provenir tanto de las organizaciones como de sus habilidades. Además, se debe considerar el conocimiento explícito contenido en las fuentes formales y el conocimiento tácito de los especialistas de diversas disciplinas correspondientes al estrés laboral y los especialistas de la solución que igualmente pertenecen a diferentes disciplinas [24].

## II. METODOLOGÍA

La estrategia que se aplica en este trabajo requiere un conjunto de actividades basadas en la búsqueda, extracción y elicitación del conocimiento. Dicho proceso se observa representado en la Figura 3, en el que se parte del análisis del dominio que se desea estudiar hasta llegar a una ontología. Cabe mencionar que dentro de cada una de estas actividades se encuentra la validación como un proceso que debe ser recursivo por parte del especialista de la solución y el especialista del dominio de aplicación, con la intención de reforzar y minimizar problemas de ambigüedad en la comunicación al momento de elaborar la ontología. El proceso termina una vez que se ha alcanzado un nivel adecuado

de conocimiento según las necesidades del especialista. Por ello, el proceso de elaboración de una ontología no se representa en un proceso lineal, sino uno cíclico y evolutivo.

Este proceso formaliza el conocimiento del dominio, trasladando la experiencia de los especialistas y la información disponible en registros a una estructura que permita representar el conocimiento.

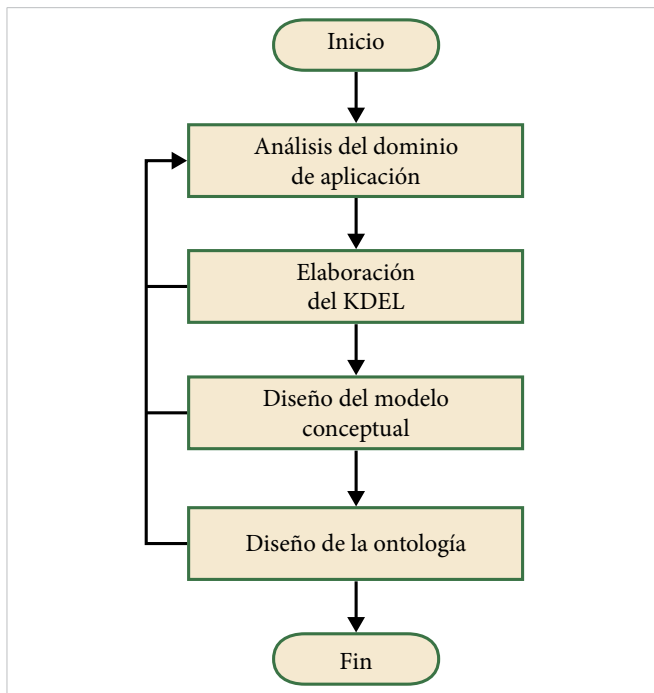


Figura 3. Proceso para elaboración de la ontología.

#### A. ANÁLISIS DEL DOMINIO DE APLICACIÓN

Para comenzar a desarrollar una ontología, de cualquier dominio de aplicación, es necesario tener en claro aquellos componentes que esta debe incluir [25], entre los que se encuentran los siguientes:

- Conceptos: las ideas básicas que se intentan formalizar respecto al dominio.
- Relaciones: aquellas interacciones entre los conceptos del dominio.
- Funciones: tipo específico de relación, donde se identifica un elemento mediante el cálculo de una función.
- Instancias: utilizadas para representar objetos de un concepto.
- Axiomas: afirmaciones o enunciados que se declaran sobre las relaciones que deben efectuar los elementos de la ontología.

Después de considerar todos los puntos anteriores, se obtendrá suficiente material para comenzar a estudiar el dominio. Con la ayuda de los especialistas se realiza todo el proceso, desde las sesiones iniciales hasta la validación de cada tarea. Esto será un proceso iterativo que se detendrá una vez que se logre un consenso entre los especialistas, donde no exista variación o ambigüedad en el lenguaje del dominio.

Usualmente, para apoyar esta primera tarea se suele hacer uso de recursos existentes en la literatura, por ejemplo, investigando algunos documentos que sugieran los especialistas, como lecturas especializadas y documentación de procesos que se desarrollan en el dominio. Esto puede aportar mayor conocimiento y reducir la dificultad de comprensión a aquellos individuos ajenos al dominio que vayan a trabajar en él.

#### B. ELABORACIÓN DE KDEL

Para elaborar el KDEL se enlistan conceptos identificados en la tarea anterior como peculiares o relevantes para el dominio para posteriormente documentar su definición, buscando un nivel de entendimiento y conocimiento balanceado entre el desarrollador y el especialista del dominio.

Cada entrada o símbolo del léxico se identifica con un nombre (o más de uno en caso de sinónimos, siempre y cuando este no genere confusión) y tiene dos tipos de descripciones: una llamada *noción*, que describe la denotación del símbolo, y la otra *impacto*, que describe la connotación de este [21]. Las entradas se clasifican generalmente en tres grupos, los cuales son objeto, sujeto y verbo [19].

El principio de circularidad del LEL (un símbolo es definido a través de sus relaciones con otros símbolos del dominio) obligará a los conceptos a tener al menos una relación, por lo que, al existir conceptos sin relación, se podrá identificar conceptos faltantes o aquellos que no son requeridos en el dominio. Además, el principio de vocabulario mínimo (minimización del vocabulario externo al dominio) reduce el lenguaje que puede ser utilizado para describir los símbolos del léxico [21]. Puesto que el KDEL es una evolución del LEL, aplican los mismos principios.

El proceso de construcción consta de seis actividades, las cuales pueden ocurrir simultáneamente [19]:

1. Identificar fuentes de información. En esta actividad se identifican todas y cada una de las posibles fuentes de información relacionadas con el dominio de interés.
2. Identificar símbolos. Durante esta actividad se identifican todos y cada uno de los términos correspondientes al dominio de interés.
3. Clasificar símbolos. Para la clasificación de los símbolos se consideran los tres tipos generales (sujeto, objeto y verbo). En caso de ser necesario se deberá adoptar nuevos tipos según se requiera.
4. Describir símbolos. En este paso se debe definir el símbolo, describiendo una posible relación entre uno o más objetos.
5. Verificar el KDEL. El especialista comprueba que los símbolos y el contexto sean los adecuados al dominio de estudio.
6. Validar símbolos. Durante la validación se confirma la fiabilidad de los conceptos, la definición y clasificación generadas durante el KDEL.

En caso de ser necesario se enriquece el KDEL con descripciones y fuentes de información, además de la posibilidad de registrar en el modelo quién ha validado cada uno de los conceptos. Con ello se puede lograr un KDEL con el que los especialistas de la solución tendrán un mayor nivel de entendimiento del dominio.

### C. DISEÑO DEL MODELO CONCEPTUAL

Si bien existen trabajos en los que se presentan procesos de derivación de modelos conceptuales <sup>[21]</sup> y aspectos fundamentales en el proceso de modelación <sup>[26]</sup>, la realidad es que al ser una actividad de análisis los resultados van a depender principalmente de dos factores: la calidad de la información de entrada, en este caso el KDEL, y la experiencia del especialista de la solución <sup>[26]</sup>.

El modelado consiste en plasmar los conceptos identificados en el proceso de elaboración del KDEL para luego identificar las relaciones existentes según sus definiciones. Las relaciones deberán ser identificadas como jerárquicas o taxonómicas, de manera que podrán observarse del tipo especialización, generación, todo-parte, agregación y composición, así como asociaciones entre pares, de manera que se pueda elaborar un diagrama de clases utilizando los conceptos y sus relaciones identificadas <sup>[20]</sup>.

Si bien existen múltiples herramientas que pueden ayudar con la tarea de modelado, este trabajo promueve el uso del lenguaje de modelado unificado (Unified Modeling Language, UML), debido principalmente a su sencillez y a la facilidad de editar de manera rápida el modelo, agregando elementos comunes para representar los conceptos y sus relaciones.

Una vez que el modelo inicial se considere completo, este deberá ser validado por los especialistas del dominio, con lo que se podrá identificar si algún símbolo del KDEL no fue agregado al modelo o en caso de que se identifiquen algunos otros que hagan falta, podrán definirse los conceptos correctos para añadirlos. De esta manera se formará un ciclo entre la modelación y la validación hasta que el especialista considere que se adapte de la mejor manera al dominio de aplicación (aun cuando pudiera seguir existiendo área de mejora en el modelo) y con ello se podrá proseguir con el desarrollo de la ontología.

### D. DESARROLLO DE LA ONTOLOGÍA

El desarrollo de la ontología representa la última fase del proceso, en la que se requiere un amplio conocimiento sobre los formalismos y herramientas existentes para llegar a los mejores resultados.

Para su desarrollo, existen primordialmente dos maneras: una compleja, que involucra la edición de archivos formateados, y otra más intuitiva, mediante el uso de editores de ontologías. Específicamente, en la primera alternativa se requiere generar un archivo con extensión específica y, de acuerdo con el lenguaje usado, seguir un conjunto de reglas semánticas. Por ejemplo, en el caso del lenguaje de ontología web se requiere un archivo de extensión OWL y de estructura XML para definir la ontología <sup>[27]</sup>.

## III. RESULTADOS

Los dominios de la ECT y el estrés laboral en los que se aplicó la estrategia se trabajaron en colaboración con sus respectivos especialistas, los cuales brindaron soporte, retroalimentación y validación a lo largo de la implementación de cada una de las tareas para el desarrollo de las ontologías. A continuación, se describen los resultados obtenidos para los casos de estudio.

CASO DE ESTUDIO: TERAPIA ELECTROCONVULSIVA

Para desarrollar la ontología del dominio de la ECT se elicó el conocimiento del especialista por medio de múltiples entrevistas, así como de documentos como en [23], en donde se detalla cada aspecto analizado de la ECT. Mediante estas dos actividades, se obtuvo el conocimiento base sobre este tipo de terapia.

En esta tarea fueron identificados 53 símbolos pertenecientes a este dominio de aplicación, los cuales se registraron dentro de un documento de Microsoft Excel que fungió como estructura para la información del KDEL. Además, se registraron los acrónimos, referencias, sinónimos y fueron clasificados en definición, objeto, sujeto y verbo. Los conceptos fueron validados con el especialista del dominio, hasta lograr identificar el vocabulario compartido y hacer las modificaciones solicitadas para que el KDEL refleje el conocimiento existente en el dominio a satisfacción del especialista. En la Tabla 1 se muestra un ejemplo de la representación del concepto terapia electroconvulsiva en el KDEL.

Posteriormente, se desarrolló el modelo conceptual a partir del KDEL utilizando UML. Una vez que se obtuvo el primer borrador fue necesario compartir los resultados con el especialista, de manera que tras la primera evaluación se identificaron áreas de mejora necesarias

TABLA 1  
 ENTRADA EXTRAÍDA DEL KDEL

TIPO	VERBO
Nombre	Terapia electroconvulsiva.
Sinónimo	Terapia de <i>electroshock</i> .
Acrónimo	TEC.
Descripción	Terapia que consiste en la aplicación de corriente eléctrica para desencadenar actividad convulsiva controlada en el cerebro. Al parecer esta terapia provoca cambios neurofisiológicos que pueden revertir los síntomas de algunas enfermedades mentales. Este procedimiento es especialmente útil para tratar la esquizofrenia o algunas depresiones severas, aunque puede ser utilizado en pacientes con delirios y otros síntomas psicóticos.
Intención	Especialista. Electrochoque.
Fuente	Clínica Mayo [28].

para las siguientes iteraciones del proceso de modelado. Luego de una secuencia de modelado y evaluación se logró conseguir los resultados que mejor se asemejaban al conocimiento del dominio, lo cual puede verse representado parcialmente en la Figura 4.

Se utilizó el lenguaje de ontologías web OWL [22] para el desarrollo de la ontología de la ECT, la cual se muestra en la Figura 5.

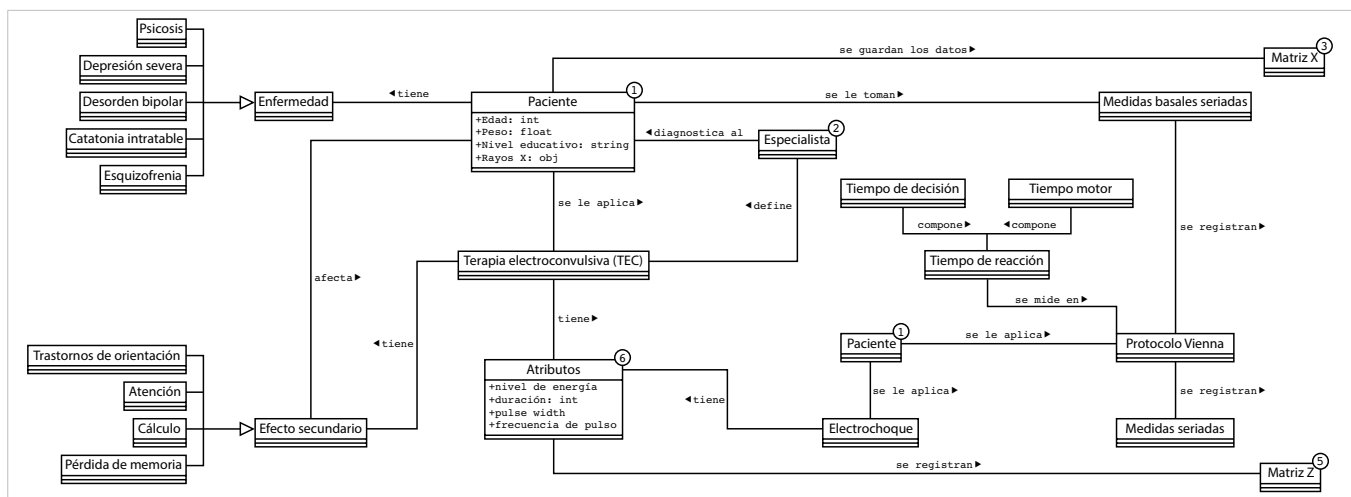


Figura 4. Extracto del modelo conceptual para el caso de la ECT.

CASO DE ESTUDIO: ESTRÉS LABORAL

Para poder desarrollar la ontología destinada al dominio de estrés laboral, se realizaron entrevistas con una especialista del dominio para comprender qué cono-

cimiento se buscaba representar. El conocimiento del dominio a representar es el estrés laboral con base en el Cuestionario Contenido de Trabajo (Job Content Questionnaire, JCQ), de la teoría de Karasek [24].

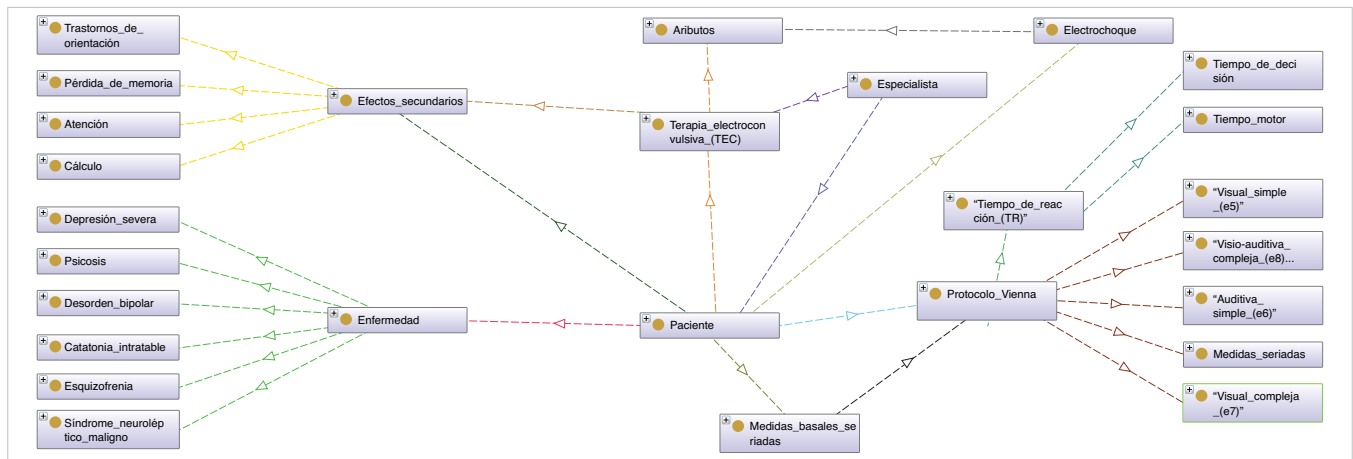


Figura 5. Ontología para el caso de la ECT.

A partir de los conceptos elicitados de la especialista y el cuestionario, se identificaron 137 símbolos, a cada uno de los cuales se le encontró sinónimos, acrónimos, descripción, intención y referencia. Después de algunas modificaciones y consultas, se logró la validación por parte de la especialista. En la [Tabla 2](#) se describe un ejemplo de la representación del concepto *cuestionario contenido del trabajo* en el KDEL.

TABLA 2  
 ENTRADA EXTRAÍDA DEL KDEL: CASO ESTRÉS LABORAL

TIPO	SUJETO
Nombre	Cuestionario Contenido del Trabajo.
Sinónimo	N/A.
Acrónimo	JCQ, CCT.
Descripción	Cuestionario de estrés laboral que plantea que la tensión laboral es predictora del aumento del riesgo de tensión psicológica y de enfermedad en los empleados. Instrumento diseñado para medir el "contenido" psicosocial y social de las tareas en el trabajo.
Intención	La empresa aplica el cuestionario contenido del trabajo. El cuestionario contenido de trabajo evalúa el estrés laboral de los trabajadores. El cuestionario contenido de trabajo toma en cuenta la latitud de decisión, las demandas laborales, apoyo social e inseguridad laboral.
Fuente	Validity and reliability of the job content questionnaire in formal and informal jobs in Brazil [29].
Nivel de formalidad	Formal.

Una vez validado el KDEL, se procedió a desarrollar el modelo conceptual, el cual se construyó en UML. Como primer paso se identificaron las relaciones entre los conceptos. Enseguida, se construyó el diagrama. Se

realizaron los ajustes solicitados en el proceso de validación de manera iterativa tanto en el KDEL como en el modelo. Para lograrlo, se identificaron los conceptos y sus relaciones. En la [Figura 6](#) se muestra un extracto del modelo conceptual obtenido.

Una vez realizado el modelo conceptual, se procedió a desarrollar la ontología, para lo cual se utilizó el lenguaje OWL. El resultado de esta se muestra en la [Figura 7](#). Los modelos completos, así como los archivos OWL generados en este trabajo, están disponibles para su consulta en [30].

## IV. CONCLUSIONES

Se aplicó esta estrategia en dos casos de estudio para la construcción de sus respectivas ontologías. Debido a la complejidad de los ISD de estudio se presentaron algunos obstáculos, por ejemplo, en el caso de estudio de la ECT la cantidad e intensidad de electrochoques que se aplican al paciente dependen de la experiencia del especialista y esto corresponde a los atributos de cada electrochoque.

Otras complicaciones se dieron en el caso de estudio del estrés laboral. Debido a la naturaleza de los símbolos existen algunos que no pertenecen a ninguna de las clasificaciones (objeto, sujeto o verbo) que marca el KDEL, así que los símbolos que presentaron esta dificultad se quedaron en una categoría aparte y los demás símbolos se clasificaron de acuerdo con el proceso que dicta el KDEL. Otro reto que se enfrentó fue que algunos símbolos no eran interpretados de manera correcta debido a la ambigüedad y evolución del KDEL a través del tiempo.



Sin embargo, aplicar esta estrategia permitió elicitar el conocimiento de los especialistas, representar el conocimiento por medio del KDEL, el modelo conceptual y la ontología. Además, se adaptó el KDEL de acuerdo

con las necesidades específicas de cada caso de estudio, por lo que se puede considerar esta estrategia para representar el conocimiento en otros ISD con características semejantes.

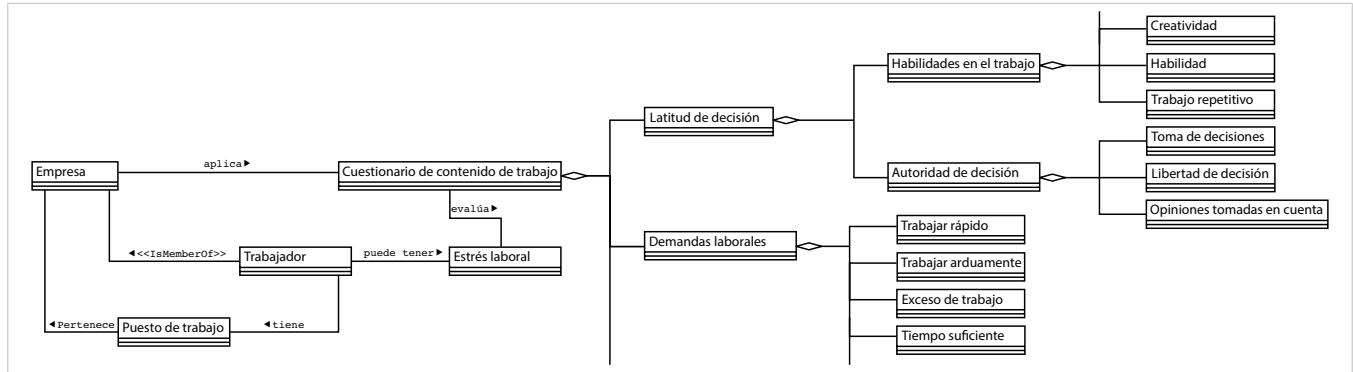


Figura 6. Extracto del modelo conceptual para el caso de estrés laboral.

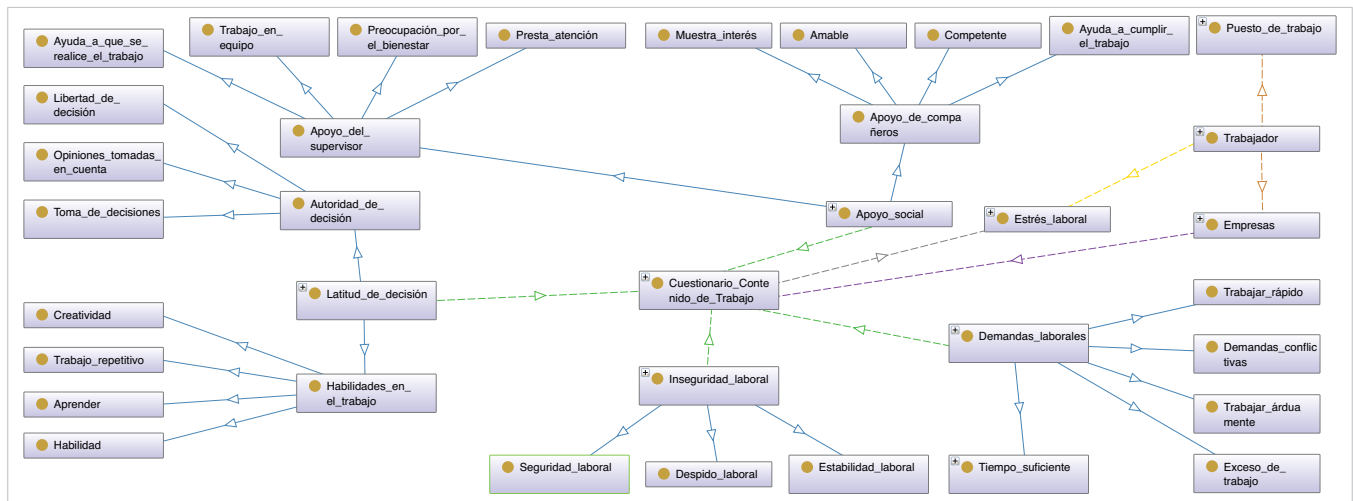


Figura 7. Ontología para el caso de estrés laboral.

## REFERENCIAS

- [1] F. Sánchez y M. B. Etxebarria, “La importancia de la toma de decisiones empresariales en la optimización de la gestión del conocimiento”, en *3rd Int. Conf. on Industrial Engineering and Industrial Management / XIII Congr. de Ingeniería de Organización (CIO 2009)*, Barcelona-Terrassa, sept. 2-4, 2009, pp. 1737-1744.
- [2] C. Ebert y C. H. C. Duarte, “Digital Transformation”, en *IEEE Software*, vol. 35, no. 4, pp. 16-21, jul./ag. 2018, doi: 10.1109/MS.2018.2801537.
- [3] J. J. Sarell, “Competencias dinamizadoras: Una propuesta para la gestión de conocimiento en la era de transformación digital”, *Rev. Gestión I+D*, vol. 3, no. 2, pp. 9-35, 2018. Acceso: may. 15, 2022. [En línea]. Disponible en: <http://portal.amelica.org/ameli/jatsRepo/134/134624003/html/index.html>
- [4] I. Nonaka, “A Dynamic Theory of Organizational Knowledge Creation”, *Organ. Sci.*, vol. 5, no. 1, pp. 14-37, feb. 1994, doi: 10.1287/orsc.5.1.14.
- [5] Y. Rojas, “De la gestión de información a la gestión del conocimiento”, *ACIMED*, vol. 14, no. 1, 2006, Acceso: may. 25, 2022. [En línea]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/28131889\\_De\\_la\\_gestion\\_de\\_informacion\\_a\\_la\\_gestion\\_del\\_conocimiento](https://www.researchgate.net/publication/28131889_De_la_gestion_de_informacion_a_la_gestion_del_conocimiento)
- [6] K. Olmos-Sánchez y J. Rodas-Osollo, “Knowledge Management for Informally Structured Domains:

- Challenges and Proposals”, en *Knowledge Management Strategies and Applications*, M. Mohiuddin, N. Halilem, S. M. A. Kobir y C. Yuliang, eds. Londres: IntechOpen, 2017, doi: [10.5772/intechopen.70071](https://doi.org/10.5772/intechopen.70071).
- [7] C. Brewster y K. O’Hara, “Knowledge representation with ontologies: the present and future”, *IEEE Intell. Syst.*, vol. 19, no. 1, pp. 72-81, en. 2004, doi: [10.1109/MIS.2004.1265889](https://doi.org/10.1109/MIS.2004.1265889).
- [8] K. Olmos, J. Rodas y L. F. Fernández, “Requirements Engineering Process Model for Informal Structural Domains”, *Int. J. Comput. Commun. Eng.*, pp. 75-77, en. 2013, doi: [10.7763/IJCCE.2013.V2.141](https://doi.org/10.7763/IJCCE.2013.V2.141).
- [9] G. Stephan, H. Pascal y A. Andreas, “Knowledge Representation and Ontologies Logic, Ontologies and Semantic Web Languages”, en *Semantic Web Services*, S. Grimm, P. Hitzler y A. Abecker, eds. Berlín: Springer, 2007, doi: [10.1007/3-540-70894-4\\_3](https://doi.org/10.1007/3-540-70894-4_3).
- [10] D. B. Yamada et al., “Proposal of an ontology for mental health management in Brazil”, *Procedia Comput. Sci.*, 2018, vol. 138, doi: [10.1016/j.procs.2018.10.020](https://doi.org/10.1016/j.procs.2018.10.020).
- [11] M. Hadzic, M. Chen, y T. S. Dillon, “Towards the mental health ontology”, *2008 IEEE Int. Conf. on Bioinformatics and Biomedicine*, 2008, pp. 284-288, doi: [10.1109/BIBM.2008.59](https://doi.org/10.1109/BIBM.2008.59).
- [12] E. Nasiri y M. Hadzic, “Designing the human stress ontology: A formal framework to capture and represent knowledge about human stress”, *Aust. Psychol.*, vol. 45, no. 4, pp. 258-273, dic. 2010, doi: [10.1080/00050061003664811](https://doi.org/10.1080/00050061003664811).
- [13] Z. Zhang et al., “Developing an ontology for representing the domain knowledge specific to non-pharmacological treatment for agitation in dementia”, *Alzheimer’s Dement. Transl. Res. Clin. Interv.*, vol. 6, no. 1, 2020, doi: [10.1002/trc2.12061](https://doi.org/10.1002/trc2.12061).
- [14] R. Stevens, C. A. Goble y S. Bechhofer, “Ontology-based knowledge representation for bioinformatics”, *Brief. Bioinformatics*, vol. 1, no. 4. 2000, doi: [10.1093/bib/1.4.398](https://doi.org/10.1093/bib/1.4.398).
- [15] C. McLellan, “Digital transformation: The difference between success and failure”, en *Digital Transformation: A CXO’s Guide*, M. Wachsmann, ed. CBS Interactive Inc, 2020, pp. 4-13.
- [16] L. Osuszek, S. Stanek y Z. Twardowski, “Leverage big data analytics for dynamic informed decisions with advanced case management”, *J. Decis. Syst.*, vol. 25, pp. 436-449, jun. 2016, doi: [10.1080/12460125.2016.1187401](https://doi.org/10.1080/12460125.2016.1187401).
- [17] K. Olmos-Sánchez, J. Rodas-Osollo, Y. Garay y S. Herrera, “Generation of an OWL ontology from a knowledge domain extended lexicon”, en *CEUR Workshop Proc.*, 2016, vol. 1784.
- [18] K. Olmos-Sánchez y J. Rodas-Osollo, “A Strategy of Requirements Engineering for Informally Structured Domains”, *Int. J. Comb. Optim. Probl. Informatics*, vol. 7, no. 2, pp. 49-56, 2016.
- [19] K. Olmos-Sánchez y J. Rodas-Osollo, “Helping organizations manage the innovation process to join the Cognitive era”, presentado en *8th Int. Conf. in Software Engineering Research and Innovation (CONISOFT)*, 2020, doi: [10.1109/CONISOFT50191.2020.00012](https://doi.org/10.1109/CONISOFT50191.2020.00012).
- [20] M. Ben-Ari y T. Yeshno, “Conceptual models of software artifacts”, *Interact. Comput.*, vol. 18, no. 6, pp. 1336-1350, dic. 2006, doi: [10.1016/j.intcom.2006.03.005](https://doi.org/10.1016/j.intcom.2006.03.005).
- [21] J. C. S. d P. Leite y A. P. M. Franco, “A strategy for conceptual model acquisition”, [1993] *Proc. of the IEEE Int. Symp. on Requirements Engineering*, 1993, pp. 243-246, doi: [10.1109/ISRE.1993.324851](https://doi.org/10.1109/ISRE.1993.324851).
- [22] K. W. Fung y O. Bodenreider, “Knowledge Representation and Ontologies”, en *Clinical Research Informatics*, R. Richesson y J. E. Andrews, eds. Londres: Springer, 2012, pp. 255-275.
- [23] J. Rodas-Osollo, K. Olmos-Sánchez, A. Jiménez-Galina, M. Soltero-Romero y A. Pérez-Campos, “Towards Optimisation of Electroconvulsive Therapy with a Little Help from Knowledge Management”, en *New Perspectives in Software Engineering. CIMPS 2021. Advances in Intelligent Systems and Computing*, J. Mejia, M. Muñoz, Á. Rocha, H. Avila-George y G. M. Martínez-Aguilar, eds. Springer, 2022, doi: [10.1007/978-3-030-89909-7\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-030-89909-7_8).
- [24] R. Karasek, C. Brisson, N. Kawakami, I. Houtman, P. Bongers y B. Amick, “The Job Content Questionnaire (JCQ): an instrument for internationally comparative assessments of psychosocial job characteristics”, *J. Occup. Health Psychol.*, vol. 3, no. 4, pp. 322-355, 1998, doi: [10.1037/1076-8998.3.4.322](https://doi.org/10.1037/1076-8998.3.4.322).

- [25] Y. Rosell, J. A. Senso y A. A. Leiva, “Diseño de una ontología para la gestión de datos heterogéneos en universidades: marco metodológico”, *Rev. Cuba. Inf. en Ciencias la Salud*, vol. 27, no. 4, 2016.
- [26] S. J. B. A. Hoppenbrouwers, H. A. Proper y T. P. van der Weide, “A fundamental view on the process of conceptual modeling”, en *Conceptual Modeling – ER 2005. Lecture Notes in Computer Science*, L. Delcambre, C. Kop, H. C. Mayr J. Mylopoulos y O. Pastor, eds. Berlín: Springer, 2005, vol. 3716, doi: 10.1007/11568322\_9.
- [27] D. L. McGuinness y F. van Harmelen, eds. “OWL Web Ontology Language Overview”. W3.org. <https://www.w3.org/TR/owl-features/> (acceso: may. 27, 2022).
- [28] S. C. Litin, *Mayo clinic family health book*, 5.<sup>a</sup> ed. Rochester, MN, E. U. A.: Mayo Clinic Press, 2018.
- [29] T. M. Araújo y R. Karasek, “Validity and reliability of the Job Content Questionnaire in formal and informal jobs in Brazil”, *SJWEH Suppl*, vol. 34, no. 6, 2008, disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/41464059>.
- [30] Marco Antonio Lozano Castro > *archivos compartidos > Ontologías Artículo*, sept. 19, 2022. [En línea]. Disponible en: <https://alumnosuacj-my.sharepoint.com/>

## RECONOCIMIENTOS

El autor principal y coautores estudiantes del Programa de Maestría en Cómputo Aplicado de la UACJ agradecen el apoyo del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT) a sus estudios de posgrado, así como a la Dra. Aidé Aracely Maldonado Macías por su participación como especialista en el caso de estudio del estrés laboral, al Dr. Jorge Enrique Rodas Osollo y a la Mtra. Alicia Margarita Jiménez Galina que fungieron como especialistas del área de modelado y desarrollo de ontologías, todos ellos profesores adscritos al Instituto de Ingeniería y Tecnología de la UACJ.