

Sistema Recomendador para Desarrollar Objetos de Aprendizaje para Ingenierías bajo el Enfoque por Competencias: Análisis y Diseño

Valeria Bertossi
Universidad
Tecnológica Nacional –
Facultad Regional Santa
Fe – Centro de
Investigación y Desarrollo
de Ingeniería en Sistemas
de Información
vbertossi@frsf.utn.edu.ar

Lucila Romero
Universidad Nacional
del Litoral
lucila.rb@gmail.com

Milagros Gutiérrez
Universidad
Tecnológica Nacional –
Facultad Regional Santa
Fe – Centro de
Investigación y Desarrollo
de Ingeniería en Sistemas
de Información
mgutierrez@frsf.utn.edu.ar

Resumen

En el marco de la formación por competencias en carreras de Ingeniería, las estrategias de enseñanza pueden echar mano de los objetos de aprendizaje como recursos útiles para fomentar el aprendizaje autónomo y adaptar la enseñanza a los tiempos y estilos singulares de aprendizaje de la diversidad de alumnos. Debido a que la elaboración de este tipo de materiales demanda conocimiento técnico y pedagógico, se propone asistir a los docentes en dicha tarea a través de técnicas de Inteligencia Artificial. En tal sentido, en este trabajo se presentan los resultados de las actividades de análisis y diseño de una arquitectura de Sistema Recomendador que dé soporte en el desarrollo de objetos de aprendizaje.

Palabras clave: *objeto de aprendizaje, sistema recomendador, enseñanza de ingenierías, enfoque basado en competencias*

1. Introducción

A partir de 2018, las universidades argentinas en las que se enseñan Ingenierías fueron introduciendo innovaciones en sus programas de estudio en línea con el enfoque basado en competencias propuesto por el Consejo Federal de Decanos de Ingeniería (CONFEDI). Una competencia, define [1], “es la capacidad de articular eficazmente un conjunto de esquemas (estructuras mentales) y valores, permitiendo movilizar (poner a disposición) distintos saberes, en un determinado contexto

con el fin de resolver situaciones profesionales”.

Junto a este proceso de renovación curricular comenzó a plantearse la necesidad de estrategias de enseñanza centradas en el estudiante que apunten a desarrollar en forma planificada, progresiva y evolutiva las competencias genéricas y específicas de egreso. Dichas estrategias involucran no sólo las acciones a implementar por el docente con clara intencionalidad educativa, sino también los materiales didácticos de los que éste se vale para hacer efectivo el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Entre esos recursos se encuentran los objetos de aprendizaje (OA), que se definen como “un tipo de material educativo, abierto y digital, compuesto por una estructura interna y otra externa. La primera está conformada por un objetivo de aprendizaje, un contenido alineado al objetivo, un conjunto de actividades para aprender el contenido y un instrumento de evaluación que mide el logro del objetivo planteado; la segunda, por un conjunto de metadatos que facilitan su almacenamiento, búsqueda y recuperación en repositorios de la Web, con el objetivo de reutilizarlos en cualquier plataforma de software y en una diversidad de situaciones pedagógicas” [2]. Si bien en este trabajo se adhiere a esta definición, el enfoque basado en competencias exige la introducción de una sutil modificación: el cambio de nomenclatura de *objetivo de aprendizaje* por la de *resultado de aprendizaje*. Esto es así porque bajo tal enfoque la semántica de *objetivo* alude a la intencionalidad del profesor al enseñar un contenido curricular, mientras que *resultado de aprendizaje* se define desde la perspectiva del alumno. Según [3] es “lo que se espera que sepan los estudiantes y sean capaces de hacer al final de un cierto período de aprendizaje (Ciclo, módulo, unidad, etc.) o cuando se gradúan. Se relaciona con las habilidades, conocimientos y conductas que los estudiantes adquieren

a medida que avanzan en su carrera”.

Pedagógicamente, la relevancia de los OA radica en su carácter motivador, a la vez que facilitan el aprendizaje autónomo y activo, y contribuyen a la construcción de significado al ritmo propio de cada estudiante [4]. Por otra parte, han cobrado renovado protagonismo a partir de la pandemia de Covid-19, donde los nuevos escenarios como la virtualidad, la bimodalidad y las aulas híbridas resignificaron la vida del aula. Sin embargo, el inconveniente detectado en facultades de Ingeniería reside en que los docentes, si bien son expertos en el dominio de sus respectivas disciplinas, no cuentan con la suficiente formación didáctico-pedagógica indispensable para la elaboración de OA de calidad; inclusive, por tratarse de productos de software, se requiere conocimiento técnico para programarlos y no todas las personas son idóneas en ello. Estas deficiencias, a pesar de las muy buenas intenciones del docente, impactan negativamente en los cambios que se pretenden introducir en la enseñanza ya que no logran quebrantar los esquemas clásicos signados por la asimetría que, por un lado, tiene al profesor poseedor y transmisor de conocimiento y, por el otro, a los alumnos que ofician de receptáculos pasivos para luego ser meros reproductores de lo recibido. Al respecto, [5] declama: “no se trata de insertar lo nuevo en lo viejo, o de seguir haciendo lo mismo con los nuevos recursos tecnológicos. Es innovar, haciendo uso de los aciertos de la pedagogía y la psicología contemporáneas y, por supuesto, de las nuevas tecnologías”.

Si se intentara sortear estas falencias apelando a la reutilización de otros OA ya existentes que convengan a la intención educativa del docente nos enfrentamos a otro problema. A pesar de algunas investigaciones para la extracción automática de metadatos o para mejorar la calidad de los mismos [6, 7] junto a intentos por implementar sistemas recomendadores de OA publicados en la Web [8-12], la falta de una adecuada marcación de metadatos dificulta, y a veces impide, su cosecha [13]; además, en el caso argentino se suma, empeorando el panorama, la relativa inmadurez de la red de repositorios institucionales abiertos, lo que imposibilita gozar de los beneficios de la mentada reusabilidad de OA prometida para diferentes contextos educativos [14, 15].

En respuesta a estas demandas surge la idea de diseñar una arquitectura de Sistema Recomendador (SR) que auxilie a los docentes de Ingeniería en el desarrollo de OA, de modo que puedan producir materiales de calidad aptos para ser usados en sus espacios curriculares. Un SR, denominado también sistema experto, consiste en un paquete de programas que incluye una base de conocimientos sobre un área especializada y un agente inteligente capaz de consultar esta base de conocimientos y hacer recomendaciones para la toma de decisiones. En particular, para el caso que se expone, se pretende que el SR guíe al docente en la elaboración de un OA a través de lineamientos pedagógicos bien establecidos y le facilite la tarea de diseño e implementación técnica.

En tal sentido, en esta comunicación se divulgan los

avances logrados en términos de análisis y diseño del SR según la siguiente organización: luego de la presente Introducción, en la sección Materiales y Métodos se describen los pasos dados en busca del objetivo planteado, en Resultados se presenta lo obtenido hasta el momento; y, finalmente, en Conclusiones se vierten las reflexiones de lo realizado y se exponen las líneas futuras de trabajo.

2. Materiales y Métodos

Las actividades de análisis consistieron en delimitar los siguientes aspectos de los OA: (i) Dominio; (ii) Calidad; (iii) Metodologías de desarrollo; (iv) Estructura. Una última actividad de esta etapa consistió en (v) indagar sobre estilos de aprendizaje.

Como tarea previa a las actividades (i), (ii) y (iii) se realizó una investigación bibliográfica exhaustiva. Particularmente, en (i) se demarcó el período de análisis entre los años 1990 (fecha en la que surge el concepto de OA) y 2020. Como parte de esta tarea se investigó sobre el estado del arte de los OA en publicaciones de 28 autores.

Subsecuentemente, en (ii) se realizó un estudio comparativo de 20 instrumentos de medición de calidad de OA que fueran diseñados entre 2000 y 2021 por equipos de investigación de diferentes universidades del mundo y comités de estandarización. Se puso especial atención a la sencillez del método de evaluación propuesto por el instrumento, la validez y confiabilidad en su aplicación, y su factibilidad para ser adoptado en el diseño de la arquitectura del SR (caso contrario, debería elaborarse un instrumento propio). El análisis hizo foco en la cobertura de 5 criterios generales de calidad, definidos en [16, 17]:

- *Significatividad lógica*: comprende atributos referidos a la coherencia de la propuesta didáctica, esto es, la pertinente alineación entre la competencia de egreso a la que tributa el OA y sus componentes. El resultado de aprendizaje debe ser un refinamiento de la competencia y tiene que promoverse con el desarrollo del contenido, a las actividades les corresponde contribuir al aprendizaje del contenido y a la evaluación le incumbe medir el nivel de logro del resultado de aprendizaje planteado.

- *Significatividad psicológica*: alude a la estructura psicológica del contenido, necesaria para que el alumno sea capaz de aprehender nuevos conocimientos y construir nuevos significados sobre la base de su estructura cognitiva previa.

- *Calidad técnica*: indica conformidad con estándares de metadatos que facilitarán el almacenamiento del OA en un repositorio y su posterior búsqueda y recuperación. Tales estándares son: LOM (sigla inglesa de Learning Object Metadata) [18], Dublin Core [19] o a alguno de sus perfiles de aplicación. Este criterio de calidad también considera la conformidad con modelos de empaquetamiento como SCORM [20] o IMS (del inglés Instructional Management System) [21], que

proporcionarán la interoperabilidad con los sistemas de gestión del aprendizaje.

- *Usabilidad*: supone la adecuación del OA a los principios de diseño para el aprendizaje multimedia [22] y su conformidad con las series ISO 9241 [23] e ISO/IEC 24751 [24] para la usabilidad de sistemas interactivos con interfaces centradas en las personas.

- *Accesibilidad*: consiste en un conjunto de atributos que facilitan la manipulación del OA por parte de personas con o sin discapacidades, en igualdad de condiciones. Este requisito es exigido por la ley argentina N°26653 [25] sobre accesibilidad en los contenidos de las páginas web, que obliga a las entidades nacionales a ajustarse a la Guía de Accesibilidad para Sitios Web del Sector Público Nacional, aprobada en 2011 según las recomendaciones WCAG 2.0 (del inglés Web Content Accessibility Guidelines) de la W3C [26].

En (iii) se examinaron 28 metodologías de desarrollo de OA publicadas en el período 2000-2020 para detectar la aplicación de prácticas ágiles ya que las mismas resultarían beneficiosas en la esfera académica, donde la interacción de las personas en la producción de conocimiento es central en el devenir de las actividades cotidianas de la organización y donde, además, el intelecto es la herramienta de trabajo por excelencia [27].

En (iv) se especificó la estructura de un OA mediante un modelo ontológico contextualizado en la enseñanza de Ingenierías según el enfoque por competencias. Para verificar la consistencia de la ontología e inferir conocimiento que no esté indicado explícitamente en la taxonomía de conceptos se declararon axiomas de integridad en lógica descriptiva y se redactaron reglas de derivación escritas en el lenguaje de reglas de la web semántica (SWRL, por su sigla del inglés Semantic Web Rule Language).

Finalmente, en (v) se estudiaron 3 modelos teóricos sobre estilos de aprendizaje propuestos en la literatura para adoptar el que mejor se adecue a los objetivos de este trabajo.

Entre las tareas preliminares de diseño, se identificaron los principales componentes de la arquitectura del SR, se delimitó la función de cada uno de ellos y se definieron en Lógica de Primer Orden (LPO) algunas reglas de producción en base a las cuales se formularán las recomendaciones.

3. Resultados

Los resultados obtenidos en las actividades mencionadas en el apartado precedente se detallan en las subsecciones que se exponen a continuación.

3.1. Delimitación del dominio de los OA

La definición de OA adoptada en la introducción echa luz sobre las dos dimensiones intrínsecas a este tipo de recursos: la pedagógica y la técnica. La primera comprende los componentes que constituyen la estructura

interna del OA –resultado de aprendizaje, contenido, actividades y evaluación–; mientras que la segunda alude a los elementos tecnológicos que posibilitan la reusabilidad e interoperabilidad del OA –metadatos, repositorios, estándares de metadatos y modelos de empaquetamiento.

A partir del análisis de la literatura se detectaron 21 expresiones empleadas como sinónimos de OA, 16 propiedades inherentes y diversas taxonomías que clasifican a los OA según sus distintos grados de granularidad, entendida ésta como el nivel de atomicidad del contenido desarrollado.

Por otro lado, por tratarse de recursos educativos, en su concepción y diseño se aplica algún modelo de Diseño Instruccional, el cual se entiende como la actividad de ingeniería que diseña artefactos de instrucción para optimizar los resultados deseados –el desarrollo de las competencias y conocimientos de los estudiantes– teniendo en cuenta restricciones contextuales y situacionales, diferencias entre los alumnos, problemas de aprendizaje y formas de solución que serían aceptadas tanto por estudiantes como por docentes. El Diseño Instruccional vincula las Teorías del Aprendizaje con la Práctica Educativa: proporciona pautas sobre qué métodos didácticos emplear según la situación [28, 29] y prescribe materiales y actividades en base a los principios de aprendizaje y estrategias pedagógicas aportados por las Teorías del Aprendizaje [30].

Además, en la bibliografía se hace mención al ciclo de vida de los OA, que discurre entre su producción, publicación y presentación; también hay bastante investigación sobre la calidad de estos recursos, la cual debe ser evaluada teniendo en cuenta tanto los aspectos técnicos como los pedagógicos.

Lo descripto precedentemente se condensa en el modelo conceptual de la Figura 1.

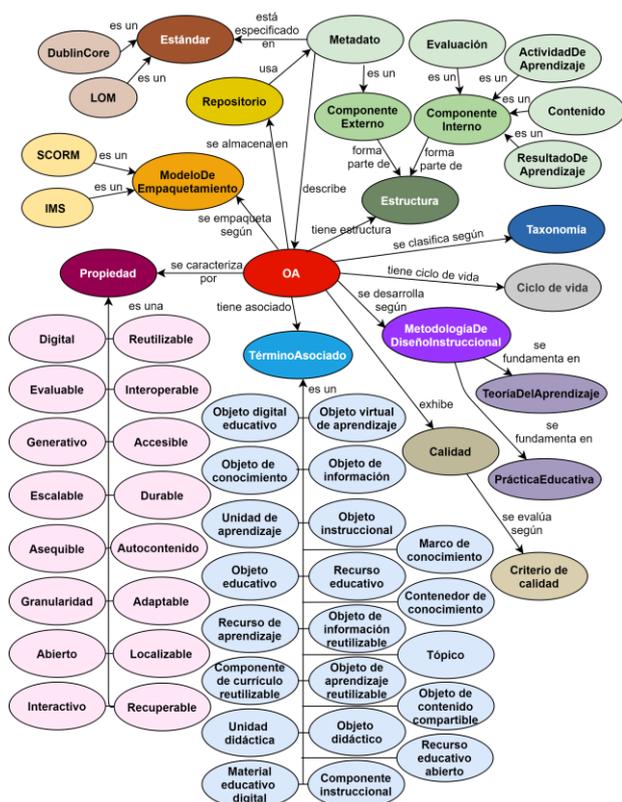


Figura 1. Dominio de OA. (Adaptado de [2]).

3.2. Definición de calidad de OA

Por tratarse de una tecnología que la academia utiliza como apoyo al proceso de enseñanza y aprendizaje es ineludible el compromiso por garantizar su calidad. La medición de los diferentes atributos que conforman la calidad se realiza con el auxilio de algún instrumento de evaluación.

Los 5 criterios generales de calidad detallados en la sección 2 fueron el hilo conductor del proceso de comparación entre los 20 instrumentos hallados en la literatura. En [16] pueden consultarse los detalles pormenorizados del trabajo realizado. El modelo UNE 71362, elaborado por el organismo de estandarización español AENOR [31], resultó seleccionado como instrumento candidato por los siguientes motivos:

- mide atributos que cubren los 5 criterios de calidad pre establecidos.
- es una norma específica para calidad de OA.
- cuenta con una actualización reciente en 2020.
- utiliza una metodología de evaluación por participación colaborativa que avala la confiabilidad en su aplicación.
- ofrece una guía para llevar adelante el proceso de evaluación.
- prevé, además de la evaluación de expertos, dos perfiles de aplicación: uno para docentes con desconocimientos técnicos y otro para alumnos (que carecen de conocimientos didáctico-pedagógicos).
- está sometido a procesos formales de revisión y actualización que aseguran su vigencia.

3.3. Metodologías de desarrollo de OA

De las 28 metodologías de desarrollo de OA analizadas, 12 aplican alguna práctica ágil, pero de ellas sólo la que propone la Universidad Nacional del Litoral [32] tiene en cuenta el enfoque por competencias en la elaboración de un OA. La Tabla 1 resume los resultados arrojados por el estudio comparativo, donde se presenta el modelo de ciclo de vida adoptado por cada metodología, los usuarios de las mismas y las prácticas ágiles identificadas.

Tabla 1. Comparación de metodologías de desarrollo de OA (Adaptado de [33]).

Metodología	País, año	Modelo de ciclo de vida	Usuario de la metodología	Prácticas ágiles
Univ. Nac. del Litoral	Argentina, 2020	Iterativo incremental	Equipo multidisciplinar	Desarrollo iterativo incremental
OAULA	Venezuela, 2019	Prototipado evolutivo	Equipo multidisciplinar	Gestión de la calidad durante todo el proceso de desarrollo
Univ. Militar Nueva Granada	Colombia, 2016	Cascada	Equipo multidisciplinar	Ninguna
INTERA	Brasil, 2016	Cascada con iteración de las etapas	Equipo multidisciplinar	Iteraciones
DICREVOA	Ecuador, 2015	Cascada	Docente no informático	Ninguna
Univ. Nac. de Loja	Ecuador, 2015	Cascada con retroalimentación entre algunas etapas	Docente con conocimientos en informática	Ninguna
UBoa	Colombia, 2014	Cascada	Equipo multidisciplinar	Seguimiento continuo de la calidad en todo el proceso de desarrollo.
CROA	Argentina, 2014	Cascada con retroalimentación entre las etapas	Docente o equipo multidisciplinar	Ninguna
MEDOA	México, 2013	Cascada combinado con Espiral	Docentes y alumnos con o sin experiencia en informática	Iteraciones incrementales del conjunto de fases 2) Análisis, 3) Diseño, 4) Implementación y 5) Validación
ISDOA	Colombia, 2012	Cascada con V&V	Equipo multidisciplinar	La calidad es transversal al proceso de desarrollo
MESOVA	Colombia, 2011	Cascada, con Prototipado evolutivo sólo en la fase de diseño	Equipo multidisciplinar	Gestión continua de la calidad mediante puntos de control al final de cada fase. Desarrollo de prototipos de forma evolutiva (producto incremental)
MPOBA	Argentina, 2011	Prototipado evolutivo	Equipo multidisciplinar	Involucramiento del usuario desde el inicio del proceso de desarrollo. Uso de prototipos para refinar necesidades
Tecnopedagógica	Venezuela, 2011	Cascada	Equipo multidisciplinar	Ninguna
MACOBA	México, 2009	Cascada	Equipo multidisciplinar	Ninguna
Plan Ceibal	Uruguay, 2009	Cascada	Docente	Ninguna
DINTEV	Colombia, 2009	Incremental IWeb	Equipo multidisciplinar	Desarrollo incremental
AODDEI	México, 2008	Cascada, con retroalimentación entre la fase de Implantación y la de Diseño	Equipo multidisciplinar	Ninguna
Univap Virtual	Brasil, 2008	Cascada	Equipo multidisciplinar	Ninguna
Univ. Autónoma Metrop. Cuajimalpa	México, 2008	Cascada	Docente no informático	Ninguna
Univ. Nac. de la Patagonia San Juan Bosco	Argentina, 2008	Cascada	Docente con conocimientos en informática	Ninguna
Univ. de Guadalajara	México, 2007	Cascada	Docente con conocimientos en informática	Ninguna
Univ. Politécnica de Valencia	España, 2007	Cascada	Docente con conocimientos en informática	Ninguna
MIDOA	México, 2007	Espiral	Equipo multidisciplinar	Desarrollo incremental
Univ. Austral de Chile	Chile, 2006	Cascada	Docentes y estudiantes	Ninguna
LOCoME	Venezuela, 2006	RUP	Equipo multidisciplinar	Desarrollo iterativo. Concepción sistémica de la calidad
APROA	Chile, 2005	Cascada	Docente y desarrollador multimedia	Ninguna
ISDMeLO	Brasil, 2004	Cascada	Equipo multidisciplinar	Ninguna
Univ. Nac. de La Plata	Argentina, 2000	Prototipado evolutivo	Equipo multidisciplinar	Desarrollo incremental

3.4. Especificación de la estructura de un OA

La especificación de la estructura interna y externa de un OA, realizada en [35], se sintetiza a continuación.

Componentes internos.

- *Resultado de aprendizaje*: es una declaración acerca de lo que se espera que el alumno aprenda y de cómo va a demostrar ese logro. Un resultado de aprendizaje pertenece a algún nivel del dominio cognitivo: (i) reproductivo –el conocimiento es retenido y reproducido, aunque no es suficientemente razonado o aplicado con propiedad– ; (ii) aplicación –se profundiza en el manejo de la información, hay comprensión cognitiva, pero se trata de un saber que no es del todo productivo ya que se presentan ciertas dificultades en la solución de problemas reales–; (iii) creación –se produce el aprendizaje profundo y la comprensión autónoma, hay dominio en el manejo y aplicación de la información; además, el conocimiento se usa con seguridad en la solución de problemas y situaciones de la vida real. En

[34] se propone la siguiente sintaxis para la redacción de un resultado de aprendizaje: [verbo (qué hacer)] + [objeto de conocimiento (con qué hacer)] + [finalidad/es (para qué hacer)] + [condición/es (cómo hacer)]. Lo que determina la pertenencia del resultado de aprendizaje a uno u otro taxón de la taxonomía del dominio cognitivo (reproducción, aplicación, creación) es la pertenencia del verbo a dicho taxón.

- *Contenido*: es lo que debe ser aprendido según el currículo y aborda alguna dimensión de las competencias: (i) Saber-conocer –datos, conceptos, hechos, principios, teorías, etc.–; (ii) Saber-hacer –procedimientos metodológicos, algoritmos y procesos aplicados en campos científicos o área profesional–; (iii) Saber-ser –actitudes, valores, reflexiones y normas necesarios para la práctica profesional tales como responsabilidad, autonomía, iniciativa, comunicación, colaboración, etc.

- *Actividad de aprendizaje*: es un conjunto de tareas que demandan la participación activa del alumno en pos de generar el aprendizaje significativo y autónomo del contenido, a la vez que lo preparan para tener éxito en la

evaluación. El tipo de actividad propuesta debe ser coherente con el nivel de asimilación al que pertenece el resultado de aprendizaje. Sería incorrecto, por ejemplo, proponer un estudio de caso, si el nivel cognitivo del resultado de aprendizaje es de tipo reproductivo.

- **Evaluación:** es el conjunto de actividades tendientes a determinar en qué medida el alumno ha logrado el resultado de aprendizaje que se espera de él, de acuerdo a ciertos criterios de evaluación definidos por el docente. Para ello se emplean diferentes instrumentos, que pueden ser estructurados, semiestructurados o no estructurados, y, al igual que las actividades de aprendizaje, deben corresponderse con el nivel de asimilación al que pertenece el resultado de aprendizaje. Un instrumento estructurado, por ejemplo, no sería apropiado si el resultado de aprendizaje perteneciese al nivel creativo.

Componentes externos.

La estructura externa de un OA la componen los metadatos, que consisten en un conjunto de descriptores que aportan información descriptiva sobre diversos aspectos del OA: área disciplinar, tema, nivel educativo, nivel de interacción, nivel de dificultad, autor, licencia, idioma, etc. Estos metadatos varían según el estándar utilizado por el repositorio en el cual será almacenado el OA.

En la Figura 2 se presenta un modelo conceptual de la estructura completa recién descrita. Los conceptos coloreados atañen a los componentes del OA; el resto de los conceptos contextualiza el OA en el marco de la enseñanza por competencias.

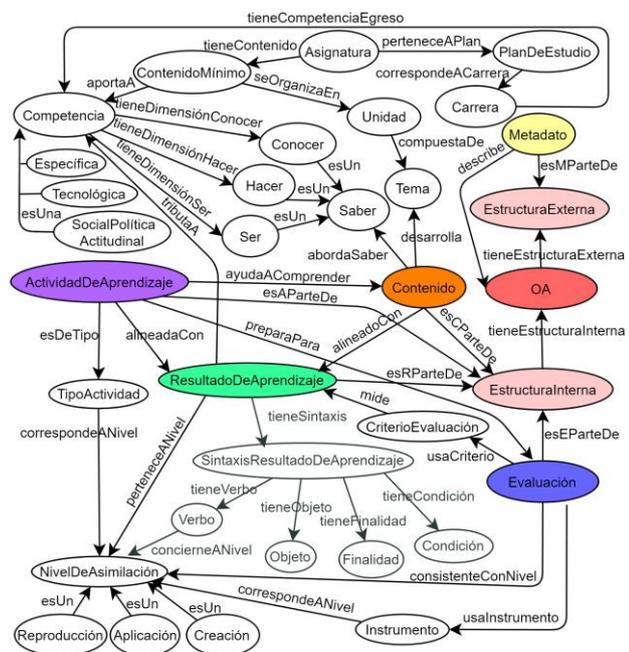


Figura 2. Estructura de un OA. (Adaptado de [35]).

Axiomas de integridad y reglas de derivación.

En la Tabla 2 se detallan en lenguaje natural y en lógica descriptiva los axiomas de integridad de la

ontología que modela la estructura de un OA. Por su parte, en la Tabla 3 se presentan las reglas de derivación también en lenguaje natural pero especificadas en SWRL.

Tabla 2. Axiomas de integridad (Adaptado de [35]).

Axiomas de integridad declarados en lenguaje natural y especificados en Lógica Descriptiva
Resultado de Aprendizaje, Contenido, Actividad de Aprendizaje y Evaluación son clases disjuntas: $ResultadoDeAprendizaje \sqcap Contenido \sqcap ActividadDeAprendizaje \sqcap Evaluacion \sqsubseteq \perp$
La Estructura Interna y Externa de un OA son clases disjuntas: $EstructuraInterna \sqcap EstructuraExterna \sqsubseteq \perp$
Todo OA tiene exactamente 1 Estructura Interna y otra Externa: $OA \equiv 1 \text{ tieneEstructuraInterna. EstructuraInterna} \sqcap = 1 \text{ tieneEstructuraExterna. EstructuraExterna}$
La Estructura Interna de un OA está formada exactamente por 1 Contenido, 1 Resultado de Aprendizaje, 1 Actividad de Aprendizaje y 1 Evaluación: $EstructuraInterna \equiv 1 \text{ esCParteDe-.Contenido} \sqcap = 1 \text{ esRParteDe-.ResultadoDeAprendizaje} \sqcap = 1 \text{ esAParteDe-.ActividadDeAprendizaje} \sqcap = 1 \text{ esEParteDe-.Evaluación}$
La Estructura Externa de un OA está formada por Metadatos: $EstructuraExterna \equiv \exists \text{ esMParteDe-.Metadato}$
La Sintaxis de un Resultado de Aprendizaje tiene exactamente 1 Verbo, 1 Objeto, 1 o más Finalidades y 1 o más Condiciones: $SintaxisResultadoDeAprendizaje \equiv 1 \text{ tieneVerbo. Verbo} \sqcap = 1 \text{ tieneObjeto. Objeto} \sqcap = \geq 1 \text{ tieneFinalidad. Finalidad} \sqcap \geq 1 \text{ tieneCondicion. Condicion}$
Un Nivel de Asimilación es de Reproducción o de Aplicación o de Creación: $NivelDeAsimilacion \equiv Reproduccion \sqcup Aplicacion \sqcup Creacion$
Reproducción, Aplicación y Creación son clases disjuntas: $Reproduccion \sqcap Aplicacion \sqcap Creacion \sqsubseteq \perp$
Cada Criterio de Evaluación mide el logro de exactamente un Resultado de Aprendizaje: $CriterioEvaluacion \equiv 1 \text{ mide. ResultadoDeAprendizaje}$
Cada Actividad de Aprendizaje ayuda a comprender exactamente un Contenido: $ActividadDeAprendizaje \equiv 1 \text{ ayudaAComprender. Contenido}$
Cada Contenido está alineado con exactamente un Resultado de Aprendizaje: $Contenido \equiv 1 \text{ alineadoCon. ResultadoDeAprendizaje}$
Cada Resultado de Aprendizaje pertenece a exactamente un Nivel de Asimilación: $ResultadoDeAprendizaje \equiv 1 \text{ perteneceANivel. NivelDeAsimilacion}$
Toda Actividad de Aprendizaje es de algún tipo: $ActividadDeAprendizaje \equiv \exists \text{ esDeTipo. TipoActividad}$
Instrumento Estructurado, Instrumento No Estructurado e Instrumento SemiEstructurado son clases disjuntas: $InstrumentoEstructurado \sqcap InstrumentoNoEstructurado \sqcap InstrumentoSemiEstructurado \sqsubseteq \perp$
Instrumento Estructurado, Instrumento no Estructurado e Instrumento SemiEstructurado son subclases de Instrumento: $InstrumentoEstructurado \sqsubseteq Instrumento$ $InstrumentoNoEstructurado \sqsubseteq Instrumento$ $InstrumentoSemiEstructurado \sqsubseteq Instrumento$
Un Instrumento de evaluación es Instrumento Estructurado o Instrumento No Estructurado o Instrumento SemiEstructurado: $Instrumento \equiv InstrumentoEstructurado \sqcup InstrumentoNoEstructurado \sqcup InstrumentoSemiEstructurado$

Tabla 3. Reglas de derivación (Adaptado de [35]).

Reglas de derivación declaradas en lenguaje natural y especificadas en SWRL

Si el Verbo que forma parte de la Sintaxis de un Resultado de Aprendizaje concierne a un determinado Nivel de Asimilación, entonces el Resultado de Aprendizaje pertenece a dicho Nivel:

$$ResultadoDeAprendizaje(?ra), Verbo(?v),$$

$$SintaxisResultadoDeAprendizaje(?s), NivelDeAsimilacion(?n),$$

$$tieneSintaxis(?ra, ?s), tieneVerbo(?s, ?v), concierneANivel(?v, ?n),$$

$$\rightarrow perteneceANivel(?ra, ?n)$$

Reglas de derivación declaradas en lenguaje natural y especificadas en SWRL.

La Actividad de Aprendizaje está alineada con el Resultado de Aprendizaje del OA del que forman parte si la Actividad de Aprendizaje es sólo del Tipo que corresponde al Nivel de Asimilación al que pertenece el Resultado de Aprendizaje:

Actividad(? a), TipoActividad(? t), ResultadoDeAprendizaje(? ra), Reproduccion(? r), EstructuralInterna(? ei), esAParteDe(? a, ? ei), esRParteDe(? ra, ? ei), esDeTipo(? a, ? t), perteneceANivel(? ra, ? r), correspondeANivel(? t, ? r) → alineadaCon(? a, ? ra)

Actividad(? a), TipoActividad(? t), ResultadoDeAprendizaje(? ra), Aplicacion(? ap), EstructuralInterna(? ei), esAParteDe(? a, ? ei), esRParteDe(? ra, ? ei), esDeTipo(? a, ? t), perteneceANivel(? ra, ? r), correspondeANivel(? t, ? ap) → alineadaCon(? a, ? ra)

Actividad(? a), TipoActividad(? t), ResultadoDeAprendizaje(? ra), Creacion(? cr), EstructuralInterna(? ei), esAParteDe(? a, ? ei), esRParteDe(? ra, ? ei), esDeTipo(? a, ? t), perteneceANivel(? ra, ? cr), correspondeANivel(? t, ? cr) → alineadaCon(? a, ? ra)

La Evaluación de un OA es consistente con el Nivel de Asimilación del Resultado de Aprendizaje si el Instrumento que emplea la Evaluación corresponde sólo al Nivel de Asimilación al que pertenece el Resultado de Aprendizaje:

Evaluacion(? ev), ResultadoDeAprendizaje(? ra), Reproduccion(? r), EstructuralInterna(? ei), Instrumento(? i), usaInstrumento(? ev, ? i), esEParteDe(? ev, ? ei), esRParteDe(? ra, ? ei), correspondeANivel(? i, ? r), perteneceANivel(? ra, ? r) → consistenteConNivel(? ev, ? r)

Evaluacion(? ev), ResultadoDeAprendizaje(? ra), Aplicacion(? ap), EstructuralInterna(? ei), Instrumento(? i), usaInstrumento(? ev, ? i), esEParteDe(? ev, ? ei), esRParteDe(? ra, ? ei), correspondeANivel(? i, ? ap), perteneceANivel(? ra, ? ap) → consistenteConNivel(? ev, ? ap)

Evaluacion(? ev), ResultadoDeAprendizaje(? ra), Creacion(? cr), EstructuralInterna(? ei), Instrumento(? i), usaInstrumento(? ev, ? i), esEParteDe(? ev, ? ei), esRParteDe(? ra, ? ei), correspondeANivel(? i, ? cr), perteneceANivel(? ra, ? cr) → consistenteConNivel(? ev, ? cr)

Si un Resultado de Aprendizaje y un Contenido de Instrucción son parte de la Estructura Interna de un OA, entonces el Contenido está alineado con el Resultado de Aprendizaje:

EstructuralInterna(? ei), Contenido(? c), ResultadoDeAprendizaje(? ra), esCParteDe(? c, ? ei), esRParteDe(? ra, ? ei) → alineadoCon(? c, ? ra)

Si una Evaluación y un Resultado de Aprendizaje son componentes de la Estructura Interna de un OA, entonces el Criterio de Evaluación mide el logro del Resultado de Aprendizaje:

EstructuralInterna(? ei), Evaluacion(? ev), ResultadoDeAprendizaje(? ra), CriterioEvaluacion(? ce), usaCriterio(? ev, ? ce), esEParteDe(? ev, ? ei), esRParteDe(? ra, ? ei) → mide(? ce, ? ra)

Si una Evaluación usa más de un Criterio de Evaluación, entonces cada Criterio de Evaluación mide el logro del mismo Resultado de Aprendizaje:

Evaluacion(? ev), CriterioEvaluacion(? c1), CriterioEvaluacion(? c2), ResultadoDeAprendizaje(? ra1), ResultadoDeAprendizaje(? ra2), usaCriterio(? ev, ? c1), usaCriterio(? ev, ? c2), mide(? c1, ? ra1), mide(? c2, ? ra2) → sameAs(? ra1, ? ra2)

Si un OA tiene todos sus componentes internos (Resultado de Aprendizaje, Contenido, Actividad de Aprendizaje y Evaluación), su componente externo (Metadato), la Actividad de Aprendizaje y Contenido están alineados con el Resultado de Aprendizaje, la Evaluación es consistente con el Nivel de Asimilación al que pertenece el Resultado de Aprendizaje, entonces el OA está correctamente construido:

OA(? oa), EstructuralInterna(? ei), EstructuraExterna(? ee), Evaluacion(? ev), ResultadoDeAprendizaje(? ra), Contenido(? c), ActividadDeAprendizaje(? a), Metadato(? m), NivelDeAsimilacion(? n), tieneEstructuralInterna(? oa, ? ei), tieneEstructuraExterna(? oa, ? ee), esEParteDe(? ev, ? ei), esRParteDe(? ra, ? ei), esCParteDe(? c, ? ei), esAParteDe(? a, ? ei), esMParteDe(? m, ? ee), perteneceANivel(? ra, ? n), alineadaCon(? a, ? ra), alineadoCon(? c, ? ra), consistenteConNivel(? ev, ? n) → OACorrectamenteConstruido(? oa)

3.5. Estilos de Aprendizaje

Un estilo de aprendizaje reúne un conjunto de rasgos personales y preferencias que inciden en el modo en que cada individuo aprende utilizando unas determinadas estrategias. Como los métodos de enseñanza también varían, si existiesen discrepancias entre los estilos de aprendizaje de los alumnos y el estilo de enseñanza del profesor, se corre el riesgo de que aquéllos se aburran, no presten atención, fracasen en las evaluaciones, se desanimen acerca del curso, de ellos mismos y hasta del plan de estudios, provocando que en algunos casos

cambien de carrera o, lo que es peor aún, abandonen (con la consecuente pérdida de potenciales profesionales excelentes). Los modelos de estilos de aprendizaje que se estudiaron son los propuestos por [36-38]. Si bien hay cierto paralelismo entre ellos se seleccionó el de Felder y Soloman [36] por las siguientes razones:

- está específicamente diseñado para explorar aspectos del estilo de aprendizaje significativos para carreras STEM (sigla del inglés: Science, Technology, Engineering and Mathematics).
- ha sido validado por varios autores.
- ofrece un cuestionario online de uso libre y gratuito que detecta automáticamente el estilo de aprendizaje de una persona [39].
- sugiere técnicas de enseñanza para atender a la diversidad de estilos de aprendizaje [40].
- tiene dos aplicaciones principales: a) proporciona orientación a los profesores sobre los estilos de aprendizaje que hay en el aula para responder a las necesidades de aprendizaje de todos sus alumnos; b) da a cada alumno información sobre sus posibles fortalezas y debilidades de aprendizaje y, en base a ello, ofrece sugerencias que ayudan a reforzarlo.
- es factible de combinar con técnicas de minería de datos para determinar subgrupos homogéneos con estilos de aprendizaje predominantes dentro de una población de alumnos dada [41].

En este modelo existen 4 dimensiones relativas a cómo el estudiante adquiere y procesa la información; en cada una de ellas hay dos polos que caracterizan el estilo de aprendizaje (Tabla 4).

Tabla 4. Modelo teórico de estilos de aprendizaje [36].

Dimensión	Estilos	Descripción
Procesamiento <i>¿cómo prefiere el alumno procesar la información?</i>	Activo	Procesa mejor la información cuando puede trabajar con ella, participar activamente en debates, experimentar o manipular cosas manualmente y trabajar en grupo.
	Reflexivo	Prefiere procesar la información introspectivamente, pensar las cosas a fondo antes de actuar y trabajar individualmente.
Percepción <i>¿qué tipo de información percibe preferentemente el estudiante?</i>	Sensorial	Se orienta hacia hechos y datos concretos que se perciben a través de los sentidos (cosas visuales, sonidos, sensaciones físicas). Tiende a ser práctico.
	Intuitivo	Prefiere lo conceptual y teórico, que se percibe a través del ejercicio mental (recuerdos, relaciones, abstracciones, intuiciones, posibilidades). Es innovador.
Entrada <i>¿a través de qué canal el alumno percibe con mayor eficacia la información?</i>	Visual	Prefiere visualizar lo que está aprendiendo a través de gráficos, diagramas, imágenes, tablas, películas.
	Verbal	Prefiere recibir información con explicaciones en palabras (escritas u orales).
Comprensión <i>¿cómo progresa el estudiante hacia la comprensión?</i>	Secuencial	Prefiere disponer la información de forma lineal y ordenada ya que avanza hacia la comprensión en una progresión lógica de pequeños pasos incrementales.
	Global	Prefiere figurarse la imagen de conjunto primero ya que comprende globalmente, en grandes saltos, de manera holística.

La figura 3 sintetiza la predilección por uno u otro polo dentro de cada dimensión según la puntuación arrojada por el test de estilos de aprendizaje. Éste se integra de 44

preguntas (11 por cada dimensión). Cada pregunta se responde eligiendo entre 2 opciones dicotómicas, las cuales se relacionan con cada polo dentro de la dimensión. La preferencia por un estilo de aprendizaje (polo) puede ser *fuerte*, *moderada* o *balanceada*, aunque esta categorización no implica que un estilo sea mejor que otro, describen sólo modos de aprender. Según los autores, un balance entre los dos polos dentro de cada dimensión sería lo deseable (clase *balanceada*), por lo que el docente debería implementar estrategias de enseñanza que se correspondan con los estilos de aprendizaje de sus estudiantes pero sin olvidar de promover también los estilos contrapuestos de modo que se tienda al equilibrio.

		FUERTE	MODERADA	BALANCEADA	MODERADA	FUERTE								
Procesamiento	ACTIVO	11	9	7	5	3	1	-1	-3	-5	-7	-9	-11	REFLEXIVO
Percepción	SENSORIAL	11	9	7	5	3	1	-1	-3	-5	-7	-9	-11	INTUITIVO
Entrada	VISUAL	11	9	7	5	3	1	-1	-3	-5	-7	-9	-11	VERBAL
Comprensión	SECUENCIAL	11	9	7	5	3	1	-1	-3	-5	-7	-9	-11	GLOBAL

Figura 3. Preferencias por los estilos de aprendizaje (Adaptado de [41]).

Un modelo conceptual de estos estilos de aprendizaje se visualiza en la Figura 4.

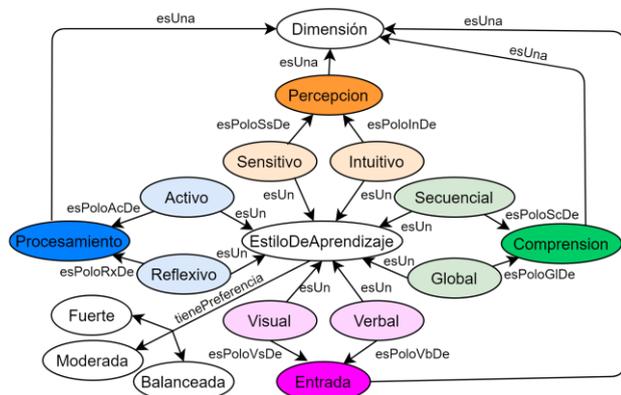


Figura 4. Estilos de aprendizaje de Felder y Soloman [36].

3.6. Arquitectura del SR

La Figura 5 esquematiza la arquitectura del SR que se propone. Entre sus componentes, un *Agente Recomendador* se nutre del conocimiento experto almacenado en las *Bases de Conocimiento Técnico* y *Didáctico-Pedagógico* para formular las recomendaciones que ayuden a construir el OA de acuerdo al perfil del usuario. Éste es creado por el módulo *Perfilador de Usuario* a partir de los datos, características, preferencias y restricciones que ingresa el docente a través de la *Interfaz de Usuario*. Un *Agente Generador de Reglas* se retroalimenta de la opinión que emite el docente sobre la utilidad de las recomendaciones y actualiza las *Bases de Conocimiento* provocando el aprendizaje del SR. La utilidad percibida puede calificarse desde la *Interfaz de Usuario* según una escala Likert de 7 puntos (muy satisfactoria, satisfactoria, algo satisfactoria, indistinta,

algo insatisfactoria, insatisfactoria, muy insatisfactoria). La idea es que el SR también aprenda del contexto, aunque el usuario no haya calificado la utilidad de la recomendación, pero el diseño de esta parte se deja para una futura versión.

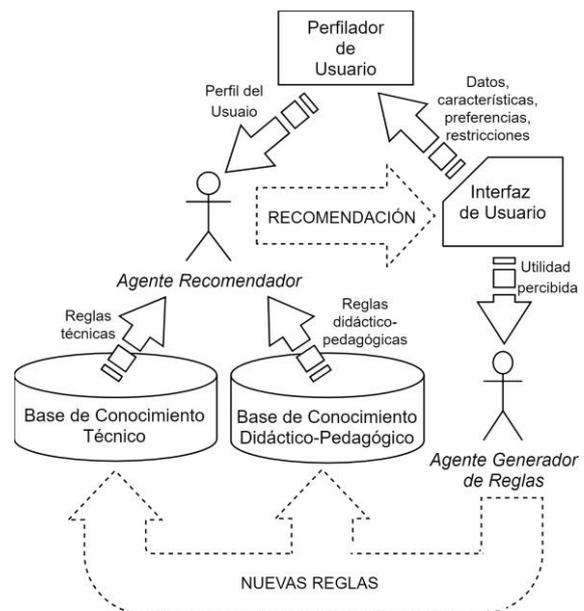


Figura 5. Arquitectura del SR.

Algunas de las reglas de producción que integran el sistema de reglas de las *Bases de Conocimiento* se ejemplifican en LPO en las Tablas 5 y 6. Hasta el momento, las reglas técnicas se limitan a la marcación de algunos metadatos del OA según el estándar LOM [18], pero debe tenerse presente que han de ajustarse al esquema de metadatos que utilice el repositorio donde será alojado el OA.

Tabla 5. Reglas de corte técnico.

Usar la ontología de valeria sandoval. Tiene un vocabulario controlado

ID	Descripción
RT01	tienePreferencia(Activo, Fuerte) → Educational.InteractivityType = active
RT02	tienePreferencia(Activo, Moderada) → Educational.InteractivityType = mixed
RT03	tienePreferencia(Activo, Balanceada) → Educational.InteractivityType = mixed
RT04	tienePreferencia(Reflexivo, Fuerte) → Educational.InteractivityType = expositived
RT05	tienePreferencia(Reflexivo, Moderada) → Educational.InteractivityType = mixed
RT06	tienePreferencia(Reflexivo, Balanceada) → Educational.InteractivityType = mixed
RT07	Contenido.procesamiento = interactivo – fuerte → Educational.InteractivityLevel = high
RT09	Contenido.procesamiento = interactivo – moderado → Educational.InteractivityLevel = medium
RT10	Contenido.procesamiento = interactivo – balanceado → Educational.InteractivityLevel = low
RT11	perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje, Reproduccion) → Classification.TaxonPath.Taxon.Id = "Reproducción"
RT12	perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje, Aplicacion) → Classification.TaxonPath.Taxon.Id = "Aplicación"
RT13	perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje, Creacion) → Classification.TaxonPath.Taxon.Id = "Creación"
RT14	seEmpaquetaSegun(OA, SCORM) → Technical.Format = "SCORM"

modificar. Usar antecedente tienePreferencia(Activo, Fuerte) tienePreferencia(Activo, Moderada) tienePreferencia(Activo, Balanceada) tienePreferencia(Reflexivo, Fuerte) tienePreferencia(Reflexivo, Moderada) tienePreferencia(Reflexivo, Balanceada) que significaría que Educational.InteractivityType=expositived Educational.InteractivityLevel=high HAY QUE VER EL ESTÁNDAR LOM!!!

ID	Descripción
RT15	<i>seEmpaquetaSegun(OA,IMS) → Technical.Format = "IMS"</i>
RT16	<i>contienePalabra(Carrera.nombre,"Ingeniería") → Educational.IntendedEndUserRole = learner</i>
RT17	<i>contienePalabra(Carrera.nombre,"Ingeniería") → Educational.Context = higher</i>
RT18	<i>EstandarDeMetadato = LOM → Meta – Metadata.MetadataSchema = "LOM"</i>

Tabla 6. Reglas de corte didáctico-pedagógico.

ID	Descripción
RDP01	<i>tienePreferencia(Activo,Fuerte) → Contenido.procesamiento = interactivo – fuerte</i>
RDP02	<i>tienePreferencia(Activo,Moderada) → Contenido.procesamiento = interactivo – moderado</i>
RDP03	<i>tienePreferencia(Activo,Balanceada) → Contenido.procesamiento = interactivo – balanceado</i>
RDP04	<i>tienePreferencia(Activo,Fuerte) → ActividadDeAprendizaje.procesamiento = colaborativa</i>
RDP05	<i>tienePreferencia(Activo,Moderada) → ActividadDeAprendizaje.procesamiento = colaborativa</i>
RDP06	<i>tienePreferencia(Activo,Balanceada) → ActividadDeAprendizaje.procesamiento = combinada</i>
RDP07	<i>tienePreferencia(Reflexivo,Fuerte) → Contenido.procesamiento = expositivo – fuerte</i>
RDP08	<i>tienePreferencia(Reflexivo,Moderada) → Contenido.procesamiento = expositivo – moderado</i>
RDP09	<i>tienePreferencia(Reflexivo,Balanceada) → Contenido.procesamiento = expositivo – balanceado</i>
RDP10	<i>tienePreferencia(Reflexivo,Fuerte) → ActividadDeAprendizaje.procesamiento = individual</i>
RDP11	<i>tienePreferencia(Reflexivo,Moderada) → ActividadDeAprendizaje.procesamiento = individual</i>
RDP12	<i>tienePreferencia(Reflexivo,Balanceada) → ActividadDeAprendizaje.procesamiento = combinada</i>
RDP13	<i>tienePreferencia(Sensorial,Fuerte) → Contenido.percepcion = fáctico – fuerte</i>
RDP14	<i>tienePreferencia(Sensorial,Moderada) → Contenido.percepcion = fáctico – moderado</i>
RDP15	<i>tienePreferencia(Sensorial,Balanceada) → Contenido.percepcion = mixto</i>
RDP16	<i>tienePreferencia(Intuitivo,Fuerte) → Contenido.percepcion = teórico – fuerte</i>
RDP17	<i>tienePreferencia(Intuitivo,Moderada) → Contenido.percepcion = teórico – moderado</i>
RDP18	<i>tienePreferencia(Intuitivo,Balanceada) → Contenido.percepcion = mixto</i>
RDP19	<i>tienePreferencia(Visual,Fuerte) → Contenido.entrada = visual – fuerte</i>
RDP20	<i>tienePreferencia(Visual,Moderada) → Contenido.entrada = visual – moderado</i>
RDP21	<i>tienePreferencia(Visual,Balanceada) → Contenido.entrada = híbrida</i>
RDP22	<i>tienePreferencia(Verbal,Fuerte) → Contenido.entrada = verbal – fuerte</i>
RDP23	<i>tienePreferencia(Verbal,Moderada) → Contenido.entrada = verbal – moderada</i>
RDP24	<i>tienePreferencia(Verbal,Balanceada) → Contenido.entrada = híbrida</i>
RDP25	<i>tienePreferencia(Secuencial,Fuerte) → Contenido.comprension = progresivo – fuerte</i>
RDP26	<i>tienePreferencia(Secuencial,Moderada) → Contenido.comprension = progresivo – moderado</i>
RDP27	<i>tienePreferencia(Secuencial,Balanceada) → Contenido.comprension = misceláneo</i>
RDP28	<i>tienePreferencia(Global,Fuerte) → Contenido.comprension = holístico – fuerte</i>
RDP29	<i>tienePreferencia(Global,Moderada) → Contenido.comprension = holístico – moderado</i>
RDP30	<i>tienePreferencia(Global,Balanceada) → Contenido.comprension = misceláneo</i>
RDP31	<i>perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Creacion) → usaInstrumento(Evaluacion,InstrumentoNoEstructurado)</i>

ID	Descripción
RDP32	<i>perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Creacion) → usaInstrumento(Evaluacion,InstrumentoSemiEstructurado)</i>
RDP33	<i>perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Aplicacion) → usaInstrumento(Evaluacion,InstrumentoNoEstructurado)</i>
RDP34	<i>perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Aplicacion) → usaInstrumento(Evaluacion,InstrumentoSemiEstructurado)</i>
RDP35	<i>perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Reproduccion) → usaInstrumento(Evaluacion,InstrumentoEstructurado)</i>
RDP36	<i>perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Creacion) → esDeTipo(TipoActividad,Creacion)</i>
RDP37	<i>perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Aplicacion) → esDeTipo(TipoActividad,Aplicacion)</i>
RDP38	<i>perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Reproduccion) → esDeTipo(TipoActividad,Reproduccion)</i>
RDP39	<i>conciernenANivel(Verbo,Creacion) → perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Creacion)</i>
RDP40	<i>conciernenANivel(Verbo,Aplicacion) → perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Aplicacion)</i>
RDP41	<i>conciernenANivel(Verbo,Reproduccion) → perteneceANivel(ResultadoDeAprendizaje,Reproduccion)</i>

A modo de ejemplo, en la Tabla 7 se plantean algunos elementos del perfil de un usuario. Para dicho perfil, las reglas técnicas que aplican son: RT02, RT09, RT12, RT14, RT16, RT17, RT18; y las didáctico-pedagógicas son: RDP02, RDP05, RDP15, RDP19, RDP26, RDP33, RDP34, RDP37, RDP40.

Tabla 7. Ejemplo de perfil de un usuario.

Categoría	Concepto	Valor	
CONTENIDO DISCIPLINAR	Asignatura	"Análisis Matemático I"	
	ContenidoMínimo	"Funciones de una variable real"	
	Unidad	"Funciones y Modelos"	
	Tema	"Transformaciones de funciones"	
	Contenido	Cualquier cosa que diseñe el docente: texto, tablas, gráficos, imágenes, videos, interactivos Geogebra, etc.	
	PlanDeEstudio	"ORD-1877-CS"	
COMPETENCIAS DE EGRESO	Carrera	"Ingeniería en Sistemas de Información"	
	Tecnológica	"Utilizar de manera efectiva las técnicas y herramientas de aplicación en la ingeniería"	
	Social-Política-Actitudinal	"Aprender en forma continua y autónoma"	
	Social-Política-Actitudinal	"Comunicarse con efectividad"	
INTENCIÓN EDUCATIVA	Objetivo del docente	"Presentar los distintos tipos de transformaciones de funciones: valor absoluto rebatimientos, desplazamientos, contracciones/dilataciones"	
	ResultadoDeAprendizaje	[Relacionar]+[los distintos tipos de transformaciones de funciones con los cambios que operan en las gráficas de las funciones elementales]+[para facilitar la construcción de la gráfica de cualquier clase de función]+[según las operaciones que afectan a la función y a la variable independiente]	
ESTILO DE APRENDIZAJE	NivelDeAsimilacion	Aplicacion	
	Procesamiento	Estilo	Activo
		Preferencia	Moderada
	Percepción	Estilo	Sensorial
		Preferencia	Balanceada
	Entrada	Estilo	Visual
Preferencia		Fuerte	
Comprensión	Estilo	Secuencial	
	Preferencia	Moderada	
ESTÁNDARES	EstandarDeMetadato	LOM	
	ModeloDeEmpaquetamiento	SCORM	

4. Conclusiones

Los OA son materiales didácticos digitales que el docente puede utilizar para mediar el aprendizaje de sus alumnos en un entorno educativo basado en competencias y centrado en el estudiante. Entre sus ventajas podemos mencionar que son factibles de utilizar en una diversidad de escenarios: presencialidad, virtualidad, bimodalidad y ambientes híbridos; promueven el aprendizaje autónomo y autorregulado y son adaptables a estilos de aprendizaje de lo más variados. Entre las desventajas encontramos que su diseño y construcción requiere del dominio técnico que demanda su condición de producto de software y del dominio en Didáctica y Pedagogía que impone su cualidad de material educativo, condiciones que son difíciles de encontrar en docentes de Ingeniería, a pesar de ser expertos en sus respectivos campos disciplinares. Si se intentara eludir esta desventaja procurando reutilizar otros OA ya disponibles en la Web se presenta una nueva dificultad, que es la recuperación poco satisfactoria de estos recursos debido a marcaciones de metadatos incompletas o erróneas o a deficiencias en las federaciones de repositorios.

Para sortear estas desavenencias, en este trabajo se propone echar mano de las herramientas que ofrece la Inteligencia Artificial. En tal sentido, aquí se han presentado los resultados de las tareas de análisis y diseño de una arquitectura de SR que dé soporte a docentes de carreras de Ingeniería durante el proceso de elaboración de OA, de modo que recomendaciones tanto de índole técnico como didáctico-pedagógico los guíen durante su concepción, diseño y construcción.

Durante la etapa de análisis, se delimitó el dominio de los OA y se lo modeló con una ontología. Luego se estudiaron instrumentos existentes que evalúan la calidad de OA con la intención de adoptar uno que sea válido, confiable, sencillo de aplicar y dé cobertura a 5 criterios generales de calidad: significatividad lógica, significatividad psicológica, calidad técnica, usabilidad y accesibilidad. El instrumento que resultó seleccionado es el UNE 71632, elaborado por un comité de estandarización español de AENOR. También se compararon metodologías de desarrollo para identificar la aplicación de prácticas ágiles que beneficiarían la construcción de OA, ya que esta tarea involucra una actividad creativa de producción de conocimiento, centrada en las personas. Posteriormente, se elaboró una ontología que modela la estructura de un OA bajo el enfoque basado en competencias y, finalmente, se analizaron modelos teóricos para el diagnóstico de los estilos de aprendizaje del alumnado en vistas a su utilidad para orientar significativamente el proceso de diseño del plan didáctico.

Estos resultados fueron insumo de las actividades de diseño consistentes en establecer los principales componentes de la arquitectura del SR, delimitar sus funciones y definir algunas reglas de producción que habrá de usar el agente recomendador para formular las recomendaciones.

Es menester del trabajo futuro refinar el diseño de la arquitectura aquí propuesta: completar el sistema de reglas de producción, definir métricas para las recomendaciones y evaluar la arquitectura diseñada.

Agradecimientos

A los proyectos de investigación CAID 50520190100133LI “Modelo conceptual para el desarrollo de sistemas de generación de currículos basados en competencias de carreras de ingeniería”, de la Universidad Nacional del Litoral, y SITCBFE0008086TC “Análisis de la adecuación de los procesos de Ingeniería del Software para el desarrollo de Sistemas basados en Inteligencia Artificial en los ámbitos público, industrial y educativo”, de la Universidad Tecnológica Nacional.

Referencias

- [1] CONFEDI, “Propuesta de estándares de segunda generación para la acreditación de carreras de ingeniería en la República Argentina - Libro Rojo de CONFEDI”, Universidad FASTA Ediciones, 2018.
- [2] Bertossi, V. y Gutiérrez, M. de los M, “Objetos de Aprendizaje: Estado del Arte”, en IEEE Congreso Biental de Argentina (ARGENCON), Universidad Tecnológica Nacional, Resistencia, Chaco, Argentina, Diciembre 1-4 2020, <https://doi.org/10.1109/ARGENCON49523.2020.9505342>
- [3] CONFEDI, “Marco conceptual y definición de estándares de acreditación de las carreras de ingeniería”, Oro Verde, 2017.
- [4] Molano Puentes, F., Alarcón Aldana, A., Callejas Cuervo, M., “Guía para el análisis de calidad de objetos virtuales de aprendizaje para educación básica y media en Colombia”, Praxis & Saber, 9, 21, Septiembre-Diciembre 2018, pp.47-73.
- [5] Ferreiro Gravie, R., “Hacia nuevos ambientes de aprendizaje”, en Inducción a la educación a distancia, Veracruz: OEA/Universidad Veracruzana, 2000.
- [6] Pinilla Gómez, A. C., Gutiérrez, M. y Ballejos, L., “AMELOIR: algoritmo para la extracción automática de metadatos a partir de objetos de aprendizaje en un repositorio institucional” [Tesis Doctoral, Universidad Tecnológica Nacional], Santa Fe, Argentina, 2017.
- [7] Tavakoli, M., Elias, M., Kismihok, G., y Auer, S., “Quality prediction of open educational resources a metadata-based approach”, en 2020 IEEE 20th international conference on advanced learning technologies (ICALT), Julio 2020, pp. 29-31, <https://doi.org/10.1109/ICALT49669.2020.00007>
- [8] Villalba, K., Cuba, S. C., Deco, C., Bender, C., y García-Peñalvo, F. J., “A recommender system of open educational resources based on the purpose of learning”, en 2017 Twelfth Latin American Conference on Learning Technologies (LACLO), Octubre 2017, <https://doi.org/10.1109/LACLO.2017.8120899>
- [9] Giustozzi, F., Casali, A., Deco, C., dos Santos, H. L., y Cechinel, C., “Recommender system of educational

- resources: A critiquing-based proposal”, en 2016 XI Latin American Conference on Learning Objects and Technology (LACLO), Octubre 2016, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1109/LACLO.2016.7751779>
- [10] Solís-Céspedes, J., y Chacón-Rivas, M. “A recommender system for learning objects on a learning management system: Implementation experience”, en 2016 XI Latin American Conference on Learning Objects and Technology (LACLO), Octubre 2016, pp. 1-11, <https://doi.org/10.1109/LACLO.2016.7751788>
- [11] Fernández-Breis, J. T., Frutos-Morales, F., Gil, A. E., Castellanos-Nieves, D., Valencia-García, R., García-Sánchez, F., y Mar Sánchez-Vera, M. D. “Recommendation of personalized learning contents supported by semantic web technologies”, en World Summit on Knowledge Society, Springer, Berlin, Heidelberg, Setiembre 2011, pp. 540-545.
- [12] Zapata, A., Menendez, V. H., Prieto, M. E., y Romero, C., “A hybrid recommender method for learning objects”, en IJCA proceedings on design and evaluation of digital content for education (DEDCE), 1, 2011, pp. 1-7.
- [13] Sicilia, M. A., García, E., Pagés, C., Martínez, J. J., y Gutierrez, J. M., “Complete metadata records in learning object repositories: some evidence and requirements”, *International Journal of Learning Technology*, 1, 4, Junio 1 2005, pp. 411-424, <https://doi.org/10.1504/IJLT.2005.007152>
- [14] Sicilia, M. Á., “Reusabilidad y reutilización de objetos didácticos: mitos, realidades y posibilidades”, *Revista de Educación a Distancia (RED)*, Monográfico II, 2005, <https://revistas.um.es/red/article/view/24741/24051>
- [15] Polsani, P. R., “Use and Abuse of Reusable Learning Objects”, *Journal of Digital Information*, 3, 4, 2003, <https://jodi-ojs-tdl.tdl.org/jodi/article/view/jodi-105/88>
- [16] Bertossi, V., Romero, L. y Gutiérrez, M. de los M., “Revisión Sistemática de Instrumentos de evaluación de Calidad de Objetos de Aprendizaje”, *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de la Información (RISTI)*, [En prensa], 2022.
- [17] Bertossi, V., Martínez, K., Gutiérrez, M. de los M. y Romero, L., “Análisis de la Calidad de Objetos de Aprendizaje en Contextos Universitarios”, *Latin-American Journal of Computing (LAJC)*, 7, 1, 2020, pp. 101-113, <https://lajc.epn.edu.ec/index.php/LAJC/article/view/176/133>
- [18] IEEE, “Standard for Learning Object Metadata – 1484.12.1-2020”, New York, N.Y: Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2020.
- [19] DCMI – Dublin Core Metadata Initiative, “Dublin Core™ Specification”, 2020, <https://www.dublincore.org/specifications/dublin-core/>
- [20] ADL – Advanced Distributed Learning Initiative, “Sharable Content Object Reference Model (SCORM)”, 2004, <https://adlnet.gov/projects/scorm/#scorm-versions-and-resources>
- [21] IMS – Instructional Management System Global Learning Consortium, “IMS Content Packaging Information Model Version 1.2. Public Draft 2”, 2007, https://www.imsglobal.org/content/packaging/cpv1p2pd2/imscp_infov1p2pd2.html
- [22] Mayer, R. E., “Research-based principles for designing multimedia instruction”, en V. A. Benassi, C. E. Overson, & C. M. Hakala (Eds.), *Applying science of learning in education: Infusing psychological science into the curriculum*, Society for the Teaching of Psychology, 2014, pp. 59–70.
- [23] ISO – International Organization for Standardization, “ISO 9241-11:2018: Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: definitions and concepts”, 2018, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>
- [24] ISO/IEC – International Organization for Standardization/ International Electrotechnical Commission, “ISO/IEC 24751-1:2008 Information technology — Individualized adaptability and accessibility in e-learning, education and training — Part 1: Framework and reference model”, 2008, <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso-iec:24751:-1:ed-1:v1:en>
- [25] Ley 26653, “Accesibilidad de la información en las páginas Web”, Noviembre 26 2010. <https://www.argentina.gob.ar/normativa/nacional/ley-26653-175694>
- [26] W3C – Consorcio de la World Wide Web, “WCAG 2.0 - Web Content Accessibility Guidelines”, 2008.
- [27] Appelo, J., “Management 3.0: Leading Agile Developers, Developing Agile Leader”, Pearson Education, 2010.
- [28] Merrill, M. D., “Components of instruction toward a theoretical tool for instructional design. *Instructional Science*”, 29, 4, 2001, pp. 291–310. <https://doi.org/10.1023/A:1011943808888>
- [29] Reigeluth, C. M., “Instructional Design: What is It and Why is It?”, en C. M. Reigeluth (Ed.), *Instructional-Design Theories and Models: A New Paradigm of Instructional Theory Vol. 2*, 1999, pp. 3–36.
- [30] Ertmer, P. A. y Newby, T. J. “Behaviorism, Cognitivism, Constructivism: Comparing Critical Features From an Instructional Design Perspective”, *Performance Improvement Quarterly*, 26, 2, 2013, <https://doi.org/10.1002/piq>
- [31] AENOR – Agencia Española de Normalización, “UNE 71362:2020 – Calidad de los materiales educativos digitales”, 2020.
- [32] Romero, L., Santucci, V., Gentile, C., Sklar, D., y Ale, M., “Objetos de Aprendizaje basados en Competencias: Una metodología para su desarrollo en carreras de Ingeniería”, en IEEE Congreso Bienal de Argentina (ARGENCON), Universidad Tecnológica Nacional, Resistencia, Chaco, Argentina, Diciembre 1-4 2020, pp. 1-8, <https://doi.org/10.1109/ARGENCON49523.2020.9505399>
- [33] Bertossi, V. I. y Gutiérrez, M. de los M., “Prácticas ágiles en el desarrollo de objetos de aprendizaje: estado del arte”, *Revista Iberoamericana de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología (TE&ET)*, 31, 2022, pp. 121-132. <https://doi.org/10.24215/18509959.31.e12>
- [34] Kowalski, V. A., Erck, I. M. y Enríquez, H. D., “Manual Para Redactar Resultados de Aprendizaje para Ingeniería”, Laboratorio MECEK, 2020.
- [35] Bertossi, V., Bourlot, J.; Ale, M., Gutiérrez, M. de los M. y Romero, L., “Design and development of Learning objects based on conceptual model: Competency-based approach”, en 17th Iberian Conference on Information Systems and

Technologies (CISTI), Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España, Junio 22-25 2022, <https://doi.org/10.23919/CISTI54924.2022.9866892>

- [36] Felder, R. M., y Soloman, B. A., “Learning styles and strategies”, [PDF Online], 2000. <https://www.andrews.edu/services/ctcenter/career-center/learning-styles-strategies/learning-styles-and-strategies.pdf>
- [37] Kolb, D., “The Learning Style Inventory: Technical Manual”, Boston, Ma.: McBer, 1976.
- [38] Fleming, N. D., y Mills, C., “Not another inventory, rather a catalyst for reflection”, *To improve the academy*, 11, 1, 1992, pp.137-155.

[39] Felder, R. M. y Soloman, B., “Index of Learning Styles Questionnaire”, [Online], (s.f.), <https://www.webtools.ncsu.edu/learningstyles/>

- [40] Felder, R. M. y Brent, R., “Teaching and Learning STEM: A Practical Guide”, San Francisco: JosseyBass, 2016. <http://educationdesignsinc.com/book/>
- [41] León, Y. D. V. R. y Carrillo, J. A. O., “Diagnóstico del estilo de aprendizaje predominante basado en minería de datos y el modelo de Felder: aplicaciones al Elearnig 3.0”, en *Estilos de aprendizaje, Investigaciones y experiencias: V Congreso Mundial de Estilos de Aprendizaje*, Santander, Universidad de Cantabria, Junio, 27-29 2012.