



SIMACU: software de mapeo curricular basado en resultados de aprendizaje y la taxonomía revisada de Bloom

SIMACU: Curriculum mapping software based on learning outcomes and Bloom's revised taxonomy

Volumen 25, Número 2

Mayo - Agosto

pp. 1-33

Livieth Gamboa Solano
María Gabriela Guevara Mora
Álvaro Mena Monge
Ana Cristina Umaña Mata

Citar este documento según modelo APA

Gamboa Solano, Livieth., Guevara Mora, María Gabriela., Mena Monge, Álvaro., y Umaña Mata, Ana Cristina. (2025). SIMACU: software de mapeo curricular basado en resultados de aprendizaje y la taxonomía revisada de Bloom. *Revista Actualidades Investigativas en Educación*, 25(2), 1-33. <https://doi.org/10.15517/aie.v25i2.62490>

SIMACU: software de mapeo curricular basado en resultados de aprendizaje y la taxonomía revisada de Bloom

SIMACU: Curriculum mapping software based on learning outcomes and Bloom's revised taxonomy

Livieth Gamboa Solano*
María Gabriela Guevara Mora
Álvaro Mena Monge
Ana Cristina Umaña Mata

Resumen: El contexto actual de la educación superior exige una actualización constante de los planes de estudio para satisfacer las demandas sociales. Esto requiere procesos eficaces en el diseño y modificación curricular. Además, la incorporación de las tecnologías de información facilita la gestión académica y administrativa de los planes de estudio al permitir un análisis adecuado para la toma de decisiones. Entre 2019 y 2023, se desarrolló un software de mapeo curricular basado en resultados de aprendizaje (RA), con el objetivo de apoyar el diseño y la actualización de los planes de estudio. Este software utiliza la taxonomía revisada de Bloom (TRB), está orientado a programas de grado y posgrado; y, facilita el alineamiento de los componentes del currículo con base en RA. Su desarrollo siguió una metodología de ciencias del diseño, con enfoque mixto, y fue evaluado por tres personas expertas, quienes destacaron resultados positivos sobre su usabilidad, su utilidad y su pertinencia. Es importante aclarar que el software no está destinado para utilizarse en el aula, por lo que el personal docente y el estudiantado no son usuarios directos. En cambio, su propósito es apoyar a los equipos de asesoría y comisiones curriculares en la creación y actualización de planes de estudio. Se concluyó que el software integra funcionalidades esenciales que permiten implementar el mapeo curricular y comprobar el alineamiento entre los componentes del currículo y los resultados de aprendizaje (RA) en los planes de estudio. Además, le ofrece a la persona usuaria funcionalidades para la correcta redacción de los RA tanto del plan de estudio como de cada asignatura.

Palabras clave: diseño de sistemas, educación superior, plan de estudios, programa de ordenador

Abstract: The current context of higher education demands a constant updating of curricula to meet social demands. This requires effective processes in curricular design and modification. Furthermore, the incorporation of information technologies facilitates the academic and administrative management of curricula by enabling adequate analysis for decision-making. Between 2019 and 2023, a curriculum mapping software based on learning outcomes (LO) was developed with the aim of supporting the design and updating of curricula. This software uses the Revised Bloom's Taxonomy (RBT). It is oriented towards undergraduate and postgraduate programs, and facilitates the alignment of curriculum components based on LO. Its development followed a design science methodology with a mixed-methods approach, and it was evaluated by three experts who highlighted positive results regarding its usability, usefulness, and relevance. It is important to clarify that the software is not intended for classroom use, so teaching staff and students are not direct users. Instead, its purpose is to support advisory teams and curriculum committees in the creation and updating of curricula. It was concluded that the software integrates essential functionalities that allow the implementation of curriculum mapping and the verification of alignment between curriculum components and LOs. Additionally, it offers the user functionalities for the correct writing of learning outcomes for both the curriculum and each subject.

Key words: systems design, higher education, curriculum, software

* Información de las personas autoras al final de artículo

Dirección electrónica de contacto: livieth.gamboa@ucr.ac.cr

Artículo recibido: 25 de octubre, 2024

Enviado a corrección: 14 de febrero, 2025

Aprobado: 7 de abril, 2025

1. Introducción

En el contexto de la educación superior es imperativo incorporar las tecnologías de información en los procesos relacionados con la gestión académica y administrativa de las carreras. Para Espinoza (2018, p. 36):

ha habido cambios científicos, tecnológicos, económicos, sociales y políticos en un entorno global e hipercompetitivo que impone la necesidad de reformular y actualizar el sistema de gestión tecnológica y administrativa; el cual hace viable el enfrentar los nuevos desafíos de un sistema educativo superior frente a los modelos de calidad, mejora continua, competitividad y excelencia.

En el ámbito de la gestión universitaria, estas tecnologías pueden fortalecer los esfuerzos de las carreras por mantener planes de estudios que respondan a las demandas actuales. Aunado a ello, favorecen la participación de las partes involucradas y facilitan la evaluación de los programas educativos hacia la mejora continua. Ello suma en la ruta de la transformación digital que se promueve en las instituciones universitarias en la actualidad; en especial, porque incide en la eficiencia de los procesos asociados con el diseño curricular y en la consolidación de nuevos modelos educativos que respondan a las necesidades del estudiantado y a un mundo en rápida evolución.

Por ser el diseño curricular una tarea compleja que depende de la sistematización de la información y de una construcción colectiva, el uso de un software especializado en mapeo curricular puede facilitar la visualización del currículo desde múltiples perspectivas y la generación de informes relacionados con su diseño. La carencia de este tipo de software, en las universidades relacionadas con esta investigación, fue confirmada como el problema de interés para el equipo de investigación.

En este contexto, entre los años 2019 y 2023, en la Universidad de Costa Rica (UCR) y en la Universidad Estatal a Distancia (UNED), ambas instituciones de Costa Rica, las personas proponentes de este artículo desarrollaron la investigación titulada: "Herramienta informática de mapeo curricular para gestionar el diseño y actualización de los planes de estudios, fundamentada en el enfoque de resultados de aprendizaje: estudio de casos de los planes vigentes del Bachillerato en Informática Empresarial, UCR, y el Doctorado en Educación, UNED". Este proyecto de investigación fue presentado para su consideración y aprobación ante los consejos científicos de las instancias correspondientes de ambas universidades a partir de los lineamientos éticos establecidos por las instituciones para el tipo de investigación.

Los contenidos de este artículo están bajo una licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



El objetivo de este artículo es evidenciar el proceso seguido para la conceptualización y creación del software de mapeo curricular basado en Resultados de Aprendizaje (RA) y la Taxonomía Revisada de Bloom (TRB), el cual puede emplearse en el campo del diseño curricular para apoyar el alineamiento de los componentes del currículo tanto en carreras de grado como de posgrado. El documento se organiza en torno a los pasos que guiaron la creación del software, describiendo cómo se abordaron los requerimientos, el análisis y diseño, las interfaces usuarias implementadas, los resultados de las validaciones realizadas y las conclusiones sobre la pertinencia de su uso.

Es importante aclarar que el software propuesto no es una herramienta destinada para su uso en el aula, por lo que la población docente y estudiantil de un plan de estudios no se considera usuaria directa. Más bien, se trata de un recurso orientado a apoyar los procesos de diseño curricular, específicamente en la creación y actualización de los planes de estudios. En consecuencia, las personas usuarias directas del software son los equipos de asesoría y las comisiones curriculares, quienes se encargan de la gestión y mejora de los planes de estudio.

2. Referente teórico

2.1 Instancias de asesoría para los procesos de diseño curricular de carreras y posgrados

Las carreras universitarias requieren mantener su oferta académica vigente, es decir, acorde con las necesidades y demandas tanto del contexto nacional como del internacional, a fin de poder generar procesos formativos que permitan a las futuras personas profesionales competir exitosamente en el campo laboral. En relación con el tema, en el documento Actualización de Carreras Universitarias de la UCR, se indica lo siguiente:

De acuerdo con el Departamento de Investigación y Evaluación Académica (DIEA), el currículum es un proyecto político educativo que está en permanente conformación, a partir de la relación dialéctica entre la prescripción curricular (lo establecido) y la práctica (su desarrollo). Esta dinámica hace que efectivamente las carreras replanteen con cierta frecuencia sus fundamentos, su perfil académico de salida, la estructura curricular, la malla que diagrama la organización de las unidades de aprendizaje y los programas de cada una de ellas. (Centro de Evaluación Académica, s.f., p.2)

Por otra parte, en el documento de Lineamientos de Política Institucional de la Universidad Estatal a Distancia ([UNED], 2021, p. 13) se hace referencia a la necesidad de actualizar carreras bajo el principio de pertinencia social, como una tendencia que implica “la consideración de diversos factores que van desde los nuevos requerimientos a partir de cambios en la estructura productiva del país y en el nivel mundial, así como en las relaciones laborales...”

Para atender estos procesos de diseño curricular, las Vicerrectorías de Docencia tanto de la UNED como de la UCR designan al Programa de Apoyo Curricular y Evaluación de los Aprendizaje (PACE) y al Centro de Evaluación Académica (CEA) respectivamente, como instancias encargadas de llevar a cabo las asesorías tanto en el diseño como en las actualizaciones curriculares de los planes de estudio de las carreras. De esta manera, el PACE en su misión refiere que:

acompaña sistemáticamente, en materia curricular y evaluación de los aprendizajes, a los programas de extensión, pregrado, grado y posgrado de la universidad, considerando la realidad nacional, para desarrollar una oferta de estudios capaz de formar profesionales críticos y comprometidos con la transformación social (UNED, 2023)

En el caso de la UCR, una de las principales funciones que destaca en el reglamento del CEA (2021, p. 1) es: “(...) asesorar a las unidades académicas y otras instancias universitarias en los procesos de planificación y evaluación curricular, para la mejora continua y los procesos de certificación que incluyen la acreditación nacional e internacional”.

Para el cumplimiento de lo indicado anteriormente, ambas universidades cuentan, en su normativa, con la conformación de equipos que se encargan de los procesos curriculares, los cuales están integrados por:

1. El personal asesor que labora en cada una de estas instancias, que posee formación especializada en el campo curricular y evaluativo, lo cual le faculta para el desempeño de las asesorías.
2. Miembros del cuerpo docente de las carreras, quienes tienen a cargo el diseño o actualización del plan de estudios.

De esta forma, el acompañamiento de asesoría hacia los miembros del cuerpo docente involucra tanto la experiencia de las personas, como el uso de guías y documentos que han sido elaborados en las instancias y que sirven como orientadores del proceso.

2.2 Resultados de aprendizaje

Los resultados de aprendizaje (RA) son declaraciones que describen lo que se espera que la persona estudiante conozca, comprenda y sea capaz de hacer o demostrar al final de una experiencia de aprendizaje (Kennedy, 2006). Como lo enuncian Biggs y Tang (2011), los RA deben redactarse con base en una estructura conformada por los siguientes elementos:

1. un verbo de acción que describa la actividad que la persona estudiante debe realizar para demostrar su aprendizaje. Para ello se recurre a verbos de las taxonomías SOLO o de la revisada de Bloom, que reflejen acciones observables y medibles, con el fin de asegurar la claridad, facilitar la evaluación del logro del RA y promover la mejora continua.
2. el contenido del tema que se abordará con el verbo, es decir, el objeto del verbo.
3. el contexto de la disciplina en el que se va a utilizar el verbo, lo cual proporciona el escenario o la situación en la que la persona estudiante debe aplicar su aprendizaje.

2.3 Mapeo curricular y alineamiento constructivo

Los términos mapeo curricular y alineamiento constructivo son componentes fundamentales en el diseño del currículo que garantizan la calidad, la coherencia y la relevancia de la educación ofrecida.

El mapeo curricular tiene como objetivo visualizar y organizar los elementos curriculares de manera sistemática y coherente. Es un proceso para identificar y conectar los siguientes componentes: RA, contenidos, materiales didácticos y recursos educativos, así como actividades de enseñanza y evaluaciones utilizadas para cada área temática y cada nivel; de manera que formen una secuencia lógica y detallada de cómo se estructura y organiza el proceso de enseñanza y aprendizaje.

Autores como Harrison y Williams (2024), y Harden (2001) coinciden en que el mapeo curricular es una herramienta que se puede emplear para representar visualmente las relaciones entre los componentes del currículo, en particular, los enlaces entre los resultados de aprendizaje y las oportunidades que ayudarán para que las personas estudiantes alcancen dichos resultados. En el contexto del diseño, estos autores reconocen algunos beneficios, tales como:

1. puede ayudar en la identificación de redundancia y brechas en el contenido del currículo;

2. se convierte en un mecanismo comprensivo para administrar el currículo en los momentos de planeación, implementación y evaluación;
3. el proceso de creación y uso de un mapa curricular conlleva a la reflexión y coordinación entre las personas que sobrellevan los procesos de diseño, lo que conduce a una comprensión compartida del currículo en sus componentes;
4. ayuda a transparentar el currículo entre las personas involucradas e interesadas en este;
5. puede servir para que las personas diseñadoras identifiquen, de forma más efectiva, oportunidades para implementar prácticas y estrategias pedagógicas a través del currículo.

Por otro lado, el alineamiento constructivo se refiere a la conexión estratégica entre los componentes del currículo (RA, contenidos, metodologías y evaluaciones) para garantizar que todos contribuyan de manera coherente al logro de los objetivos de aprendizaje establecidos. Este proceso implica asegurar que, lo que se enseña, cómo se enseña y cómo se evalúa estén alineados entre sí.

Para Anderson et al. (2001), el alineamiento consiste en el grado de correspondencia entre los objetivos educacionales, las actividades de enseñanza-aprendizaje y la evaluación. Se debe buscar, por ejemplo, una relación entre las actividades de enseñanza y las evaluativas para promover que el estudiantado logre un buen desempeño en las evaluaciones, lo cual implica que estas respondan a los RA previstos.

El alineamiento constructivo, según Biggs y Tang (2011), es un enfoque que se basa en la teoría constructivista del aprendizaje y en la idea de que las tareas de evaluación deben estar alineadas con los resultados de aprendizaje esperados. Es decir, se centra en lo que las personas estudiantes hacen para aprender, en lugar de lo que hace la persona docente. Al alinear los RA, las actividades de enseñanza y las tareas de evaluación se crea un sistema de aprendizaje coherente que apoya al estudiantado en la construcción de su propio conocimiento y en el desarrollo de habilidades de orden superior.

En términos de implementación del mapeo curricular a través de software, Kononowicz et al. (2020) identificaron las siguientes herramientas: Aims (Spreckelsen et al., 2013), CLUE (Canning y cols., 2017), Electronic Thematic Map (Schneider y cols., 2014), LOOOP (Balzer et al., 2017), MedTrics (Al-Eyd et al., 2018), MERLIN (Behrends et al., 2017), Optimed (Komenda et al., 2017), Prudentia (Steketee, 2015), SOLE (Cottrell et al., 2016) y One45 (Cottrell et al.,

2016). Estos tipos de software incorporan diversas funcionalidades relacionadas con el proceso del mapeo, del diseño y de la implementación del currículo, según las necesidades generadas desde los procesos de investigación o en el contexto de las entidades educativas.

El estudio de Kononowicz et al. (2020) propone una clasificación de las características o funcionalidades que ofrecen este tipo de herramientas. Dicho estudio se derivó de la revisión de 23 artículos sobre software para mapeo curricular en el área de educación médica. A continuación, se describen las cuatro categorías definidas y algunos de los principales hallazgos.

En la categoría de visualizaciones, las personas autoras determinaron casos de herramientas que presentan los datos mediante representaciones visuales, como grafos o redes, gráficos de barra o de tipo pastel; o bien, tablas o paneles. Por ejemplo, en este estudio se constata el uso de redes para analizar la calidad de las relaciones de los prerrequisitos con la finalidad de valorar la coherencia curricular (Aldrich, 2015), Asimismo, se emplean gráficos de barra para mostrar el uso de los verbos de acción de la taxonomía de Bloom en los enunciados de los objetivos de aprendizaje del currículo (Komenda et al., 2017).

Una segunda categoría trata sobre las descripciones basadas en texto y funciones analíticas. Kononowicz et al. (2020) encuentran que existe una necesidad de reducir el número de aspectos del currículo con la finalidad de lograr una mayor eficiencia al ingresar las descripciones de sus elementos. Esto lo consolidan Fritze et al. (2019) en la plataforma MERlin, en la cual redujeron las categorías de mapeo a cuatro, entre las que se encuentran: el nivel de competencia, la transparencia, el porcentaje de objetivos de aprendizaje cubiertos por la subcompetencia, y el formato de evaluación. Otro ejemplo de implementación mencionado por Kononowicz et al. (2020) contempla el cálculo de similitudes entre las descripciones textuales de las unidades de aprendizaje a través de técnicas de minería de texto.

Kononowicz et al. (2020) titulan la tercera categoría como enfoque basado en resultados. Entre los ejemplos se encuentran la implementación de catálogos de resultados de aprendizaje y de competencias en las herramientas, como el presentado por Sharma et al. (2020), en el que determinaron la alineación de un currículo con respecto a otro de referencia. Otros casos incluyen el mapeo de los resultados de aprendizaje contra estándares (Schneider et al., 2014), o el soporte de estas herramientas para la redacción de objetivos de aprendizaje a través de la detección de los verbos según listas de verbos de acción de la taxonomía de Bloom.

En una cuarta categoría denominada adaptabilidad, se identificaron herramientas de mapeo que facilitan el acceso a los datos del currículo. Por ejemplo, el estudio menciona la inclusión de funcionalidades específicas para atender los diversos roles asociados al currículo, el uso de tecnologías web para facilitar el acceso a las personas usuarias y la inclusión de mecanismos de soporte a la persona usuaria.

2.4 Taxonomía revisada de Bloom

La TRB se deriva del trabajo de Anderson et al. (2001), quienes se interesaron en mejorar la taxonomía propuesta por Benjamin Bloom. Esta taxonomía está constituida por dos dimensiones: la del conocimiento y la del proceso cognitivo (Figura 1). Es catalogada por Krathwohl (2002) como un marco general útil para clasificar enunciados de lo que se espera o intenta que el estudiantado aprenda como resultado del proceso educativo. También puede emplearse para clasificar actividades y evaluaciones de una asignatura o unidad particular.

Las filas de la TRB representan la dimensión del conocimiento, la cual se disgrega en las siguientes categorías: factual, conceptual, procedimental y metacognitiva. Por su parte, la dimensión del proceso cognitivo, representada en las columnas, se organiza en seis categorías, expresadas en sus formas verbales: recordar, comprender, aplicar, analizar, evaluar, crear. Estas seis categorías, a su vez, se subdividen en 19 procesos cognitivos específicos que contienen 40 alternativas de verbos. Tanto los procesos cognitivos como las alternativas de verbos se pueden utilizar para redactar los RA.

Figura 1
Estructura de la Taxonomía Revisada de Bloom según sus dos dimensiones

DIMENSIÓN DEL PROCESO COGNITIVO						
Categorías de procesos cognitivos	1. RECORDAR	2. COMPRENDER	3. APLICAR	4. ANALIZAR	5. EVALUAR	6. CREAR
Descripción del proceso cognitivo	Recuperar el conocimiento relevante de la memoria a largo plazo	Construir el significado de los mensajes del proceso de enseñanza-aprendizaje, incluida la comunicación oral, escrita y gráfica	Llevar a cabo o usar un procedimiento en una situación dada	Dividir el material en sus partes constituyentes y determinar cómo las partes se relacionan entre sí y con la estructura general o propósito	Hacer juicios basados en criterios y estándares	Poner elementos juntos para formar un todo coherente o funcional, reorganizar elementos en un nuevo patrón o estructura
Procesos cognitivos	1.1. Reconocer 1.2. Recordar	2.1 Interpretar 2.2 Ejemplificar 2.3 Clasificar 2.4 Resumir 2.5 Inferir 2.6 Comparar 2.7 Explicar	3.1 Ejecutar 3.2 Implementar	4.1 Diferenciar 4.2 Organizar 4.3 Atribuir	5.1 Comprobar 5.2 Valorar	6.1 Generar 6.2 Planificar 6.3 Producir
DIMENSIÓN DEL CONOCIMIENTO						
Tipos de conocimiento	A. CONOCIMIENTO FACTUAL	B. CONOCIMIENTO CONCEPTUAL	C. CONOCIMIENTO PROCEDIMENTAL	D. CONOCIMIENTO METACOGNITIVO		
Descripción del tipo de conocimiento	Elementos básicos que el estudiantado debe conocer para familiarizarse con una disciplina o resolver problemas en ella	Interrelaciones entre los elementos básicos dentro de una estructura más grande que les permite funcionar juntos	Cómo hacer algo, métodos e indagación y criterios para usar habilidades, procedimientos, técnicas y métodos	Conocimiento de la cognición en general, así como conciencia y conocimiento de la propia cognición		
Subtipos de conocimiento	Aa. Conocimiento de terminología Ab. Conocimiento de detalles y elementos específicos	Ba. Conocimiento de clasificaciones y categorías Bb. Conocimiento de principios y generalizaciones Bc. Conocimiento de teorías, modelos y estructuras	Ca. Conocimiento de habilidades y procedimientos específicos del tema Cb. Conocimiento de técnicas y métodos específicos del tema Cc. Conocimiento de los criterios para determinar cuándo usar procedimientos apropiados	Da. Conocimiento estratégico Db. Conocimiento sobre tareas cognitivas, incluido el apropiado conocimiento contextual y condicional Dc. Autoconocimiento		

Fuente: Adaptado de Anderson et al. (2001) y de Gamboa Solano et al. (2023). Traducción del inglés.

En la Figura 2, se observa lo que se conoce como la “tabla de la taxonomía” que, como se ha señalado, puede utilizarse para ubicar los objetivos de aprendizaje, actividades y evaluaciones en alguna de las formas de conocimiento y en alguna acción cognitiva. Para ejemplificar, suponga que se propone el siguiente resultado de aprendizaje para una asignatura de programación en el área de computación: “construir aplicaciones de software con base en los modelos UML generados”. Con respecto a la dimensión de conocimiento, al revisar el complemento del RA, el cual se relaciona con “aplicaciones de software”, se puede asociar con conocimiento procedimental. En relación con la dimensión del proceso cognitivo, el verbo “construir” de este RA se puede ubicar en el proceso cognitivo crear. Por ende, el resultado de aprendizaje se sitúa en el cruce de crear/conocimiento procedimental de la tabla de la taxonomía.

Como señala Krathwohl (2002), al utilizar la TRB para clasificar objetivos de aprendizaje, actividades y evaluaciones es posible visualizar de manera integral el diseño de una asignatura o unidad. Ello puede aprovecharse para analizar el énfasis de la unidad de interés, para verificar la existencia o no de alineación y para identificar oportunidades educacionales.

Figura 2
Tabla de la Taxonomía Revisada de Bloom y la ubicación de un resultado de aprendizaje según sus dos dimensiones

		DIMENSIÓN DEL PROCESO COGNITIVO					
		RECORDAR	COMPRENDER	APLICAR	ANALIZAR	EVALUAR	CREAR
DIMENSIÓN DEL CONOCIMIENTO	CONOCIMIENTO FACTUAL						
	CONOCIMIENTO CONCEPTUAL						
	CONOCIMIENTO PROCEDIMENTAL						RA
	CONOCIMIENTO METACOGNITIVO						

Resultado de aprendizaje
 RA: Construir aplicaciones de software con base en los modelos UML generados.

Fuente: Adaptado de Anderson et al. (2001) y de Gamboa Solano et al. (2023). Traducción del inglés.

2.5 Ciencia del diseño

La ciencia del diseño es una metodología de investigación que se centra en el estudio y la creación científica de artefactos (como software, modelos o sistemas), los cuales son desarrollados y utilizados por las personas, con el fin de resolver problemas prácticos en un contexto de interés (Wieringa 2014; Johannesson y Perjons, 2021). En la ciencia del diseño, las tareas se enfocan en la generación del artefacto, el conocimiento que se pueda obtener sobre este y sus efectos en el ambiente. Algunos aspectos claves de esta metodología son:

Objetivo: el objetivo principal es la creación y evaluación de soluciones innovadoras para problemas complejos. Estas soluciones no solo deben ser efectivas, sino que también deben ser prácticas, viables y aplicables en contextos reales.

Enfoque: se centra en diseñar y construir artefactos que resuelvan problemas específicos. Esto incluye la creación de nuevos métodos, herramientas, o procesos que puedan ser utilizados en el campo de estudio.

Johannesson y Perjons (2021) proponen las siguientes actividades para llevar a cabo una investigación de esta naturaleza:

1. explicar el problema: consiste en la formulación y justificación del problema de interés, así como la identificación de las causas que lo originan;
2. definir los requerimientos: conlleva la transformación del problema en las demandas del artefacto propuesto, es decir, la identificación de las funcionalidades del producto y restricciones asociadas;
3. diseñar y desarrollar el artefacto: se enfoca en el diseño y creación de uno o más artefactos que atiendan el problema y los requerimientos definidos. El diseño debe considerar el comportamiento y la estructura del artefacto;
4. demostrar el artefacto: emplea el artefacto desarrollado en un caso ilustrativo o de la vida real, algunas veces llamado “prueba de concepto”. La demostración evidenciará si el artefacto puede resolver una instancia del problema;
5. evaluar el artefacto: determina qué tan bien el artefacto cumple los requerimientos y en qué medida resuelve o mitiga el problema que dio origen a la investigación.

3. Metodología

3.1 Enfoque

El contexto de este artículo se enmarca en el desarrollo de un software de mapeo curricular (denominado SIMACU). Se empleó un enfoque pragmático tipo mixto, dado que interesaba analizar aspectos teóricos relacionados, y proponer una solución práctica a un problema. Como indican Creswell y Creswell (2018), en este enfoque la persona investigadora tiene flexibilidad para elegir entre métodos y técnicas de investigación que se adapten a sus necesidades sin limitarse a un solo paradigma.

Como metodología se empleó la ciencia del diseño, la cual se caracteriza por su capacidad para integrar la creación de artefactos que resuelvan problemas prácticos, según lo indican Johannesson y Perjons (2021). Es importante destacar que las actividades para la creación del software se llevaron a cabo de manera iterativa, lo que significa que no se siguió un orden secuencial estricto. A continuación, se describen cada una de ellas:

1. Explicar el problema: se elaboró un diagrama de causa y efecto, conocido como espina de pescado, para clarificar el problema que origina el interés para el desarrollo del artefacto. El equipo analizó diversas causas, incluidas la forma en la que se realizan los procesos de diseño curricular en ambas instituciones; las necesidades de las personas involucradas (personas asesora y comisión de currículo); la sistematización de los componentes del currículo; y los RA.
2. Definir los requerimientos: el primer paso para esta actividad estuvo relacionada con la identificación de las principales necesidades, entre las cuales destacaron las siguientes: registrar los RA del plan de estudios (RA-PE); registrar los RA de las asignaturas; mostrar la malla curricular; mapear los RA-PE con los RA de las asignaturas; y conocer la distribución porcentual de los RA en la matriz de la TRB por áreas disciplinares. A partir de la identificación de estos requerimientos, se diseñaron cada una de las funcionalidades del software.

El segundo paso consistió en establecer los atributos de calidad y las restricciones del software, entre los que destacan el acceso desde un navegador web. Se utilizaron los marcos de trabajo *Spring Boot* e *Hibernate* para la programación del lado del servidor, y *Angular* para el desarrollo de la interfaz de usuario, esto debido a que favorece la interacción y enriquece la experiencia de la persona usuaria. Para facilitar el desarrollo,

se optó por almacenar los datos de prueba en archivos de texto (en formato SQL), los cuales se cargaban automáticamente por medio del motor de base de datos MySQL.

3. Diseñar y desarrollar el artefacto: en una primera parte, esta actividad se centró en crear diseños específicos para diversos componentes de SIMACU. Entre ellos, se generó un modelo de dominio para identificar las entidades asociadas con el diseño curricular y la TRB, tales como: proyecto de mapeo curricular, plan de estudios, asignatura, RA, taxonomía educacional y procesos cognitivos, entre otros. Además, se propusieron prototipos de interfaz de usuario para cada funcionalidad. En una segunda etapa, se implementó la base de datos en MySQL y, además, se programó el software SIMACU utilizando las tecnologías seleccionadas. Se recurrió a GitHub para el almacenamiento y versionamiento del código fuente.
4. Demostrar el artefacto: para efectos de realizar demostraciones durante el proceso de desarrollo del software, se procedió con la carga de datos según se detalla a continuación:
 - a. Información general de los planes de estudio: nombre de la carrera, grado, código, año de aprobación, nomenclatura de ciclos (A-numérica, B-Letras), duración en años, cantidad de ciclos, modalidad (cuatrimestral o semestral), periodicidad, áreas disciplinares y énfasis asociados para ambos planes de estudios.
 - b. Resultados de aprendizaje a nivel de planes de estudio: el equipo de investigación redactó y registró un total de 13 RA, de los cuales 9 corresponden al Bachillerato y 4 al Doctorado, distribuidos en la matriz de la TRB.
 - c. Asignaturas: se registraron un total de 55 asignaturas cada una con sus respectivos atributos, de las cuales 39 pertenecen al Bachillerato y 16 al Doctorado.
 - d. Resultados de aprendizaje de las asignaturas: el equipo investigador redactó y registró un total de 22 RA en las diferentes asignaturas. De estos, 14 pertenecen al Bachillerato, desglosados en 6 RA para la asignatura de Programación II, y 8 RA para Fundamentos de Bases de Datos. En el caso del Doctorado, se documentaron 8 RA, distribuidos equitativamente entre las asignaturas Seminario de Tendencias Educativas y Seminario de Tendencias y Metodología de Investigación, con 4 RA para cada una.

- e. Taxonomía Revisada de Bloom: se registraron cuatro tipos de conocimiento junto con sus respectivos subtipos, lo que resultó un total de 11. La TRB consta de 59 alternativas de verbos; sin embargo, al explorar opciones para el Bachillerato en Informática Empresarial, se observó que muchas acciones no estaban representadas en esta taxonomía. Por lo tanto, se consultó el trabajo de la *Association for Computing Machinery* (2023) y se incorporaron 27 verbos adicionales basados en esta referencia.
5. Evaluar el artefacto: en esta fase se implementó una evaluación formativa siguiendo el marco propuesto por Venable et al. (2016), con el objetivo de recoger la percepción de personas expertas sobre las funcionalidades y propiedades del software. Esto permitió realizar correcciones y valorar propuestas de mejora. Se eligió un paradigma de evaluación artificial por ser de menor costo en recursos y tiempo, lo que facilitó la interacción de las personas expertas con el software en un entorno controlado durante un breve periodo, lo cual permitió su retroalimentación.

3.2 Unidades de análisis

En esta investigación, la unidad de análisis seleccionada fue fundamental para la evaluación de SIMACU: estuvo conformada por cuatro personas evaluadoras expertas en el campo de interés de esta investigación, dos eran académicas de la UNED y dos de la UCR, quienes proporcionaron retroalimentación valiosa sobre su experiencia y satisfacción con el software (el grupo evaluador estuvo conformado por tres mujeres y un hombre). Su participación fue voluntaria y se llevó a cabo mediante una invitación enviada por correo electrónico. Los criterios de selección considerados fueron: la experiencia en diseño curricular universitario y el conocimiento en la taxonomía de Bloom, la TRB, los RA, el mapeo curricular y el alineamiento constructivo. Aunque se recibió la confirmación de participación de las cuatro personas, solo tres asistieron a la actividad de evaluación.

Durante la actividad de evaluación, se les explicó a las personas evaluadoras expertas la dinámica de navegación en las diversas pantallas del sistema y las funcionalidades de cada una. Además, los miembros del equipo de trabajo estuvieron disponibles en todo momento para atender cualquier consulta.

3.3 Técnicas de recolección

Se utilizaron cuatro instrumentos de evaluación como técnicas de recolección de información para obtener la percepción de las personas evaluadoras. Una de las aristas evaluadas se relacionó con la usabilidad del software. Para ello, se utilizó el “Cuestionario posterior-al escenario”, propuesto por Lewis (1995), que incluye las siguientes preguntas:

1. en general, estoy satisfecho con la facilidad para completar las tareas en este escenario;
2. en general, estoy satisfecho con la cantidad de tiempo que se tardó en completar las tareas de este escenario;
3. en general, estoy satisfecho con la información de apoyo (ayuda en línea, mensajes, documentación) a la hora de completar las tareas de este escenario.

Otra de las aristas evaluadas se centró en las funcionalidades implementadas en SIMACU. Se buscó conocer la percepción de las personas evaluadoras en términos de utilidad, completitud y pertinencia de cuatro funcionalidades. Aunado a ello, se consultó sobre otros posibles usos de estas funcionalidades y aspectos que podrían mejorarse.

La actividad evaluativa se llevó a cabo en la sala del edificio I+D de la Universidad Estatal a Distancia, campus Sabanilla. Se asignó una computadora portátil a cada persona, mediante la cual pudieron utilizar SIMACU, previamente instalado en esos equipos. Además, se les proporcionó cuatro protocolos de uso que sirvieron como guía para interactuar con las diversas funcionalidades del software. Al inicio de la sesión se les entregó un consentimiento informado que les indicaba la opción de continuar participando o retirarse en cualquier momento.

3.4 Procesamiento de análisis

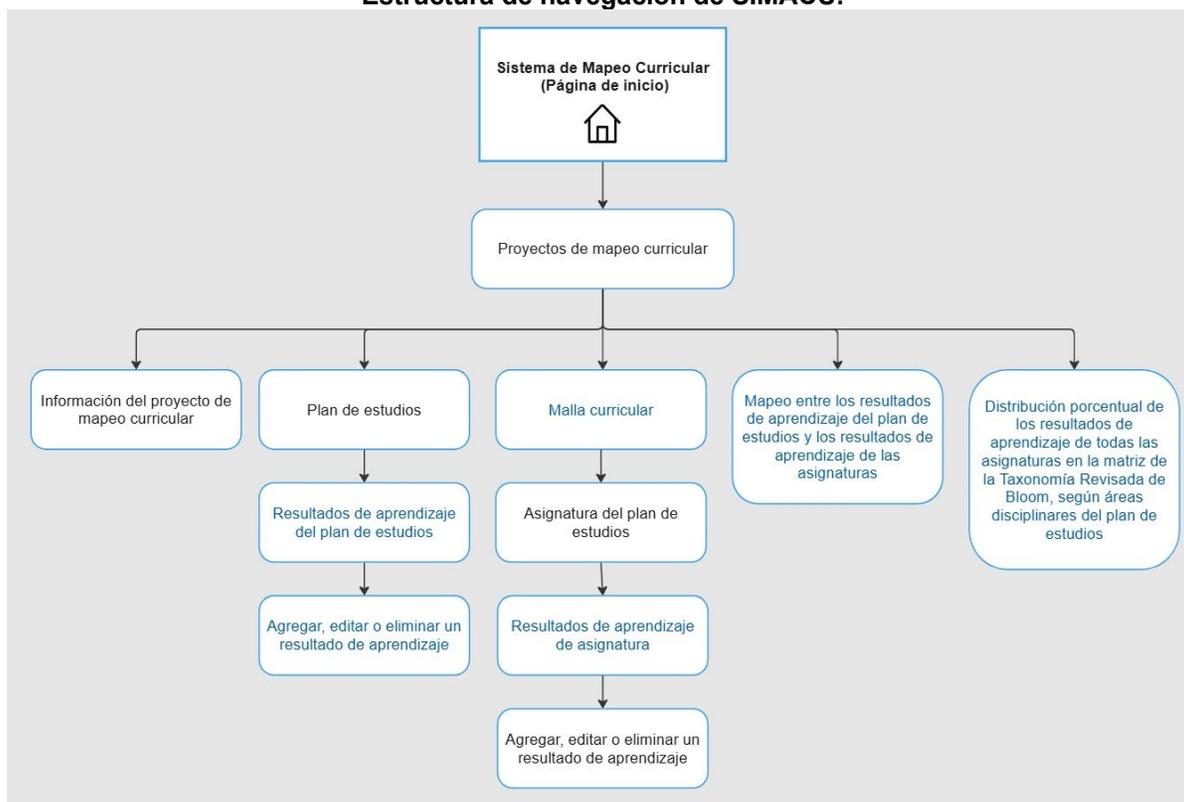
Los instrumentos de evaluación utilizados fueron digitalizados usando formularios de *Google Forms*. En lo que respecta al procesamiento de los datos recolectados a través de estos formularios, se procedió con la descarga de las hojas de cálculo con las respuestas proporcionadas por las personas evaluadoras. Seguidamente, se llevó a cabo una depuración de la información, la codificación y la unificación de estas. Finalmente, se utilizó Microsoft Excel (versión Microsoft 365 para empresas) para llevar a cabo el análisis.

4. Resultados

El objetivo principal de este estudio fue desarrollar un software especializado en mapeo curricular para realizar los procesos de diseño curricular. Interesaba que este ofreciera capacidades para la formulación de los RA y para la verificación del alineamiento constructivo de los componentes curriculares. Igualmente, se optó por implementar la TRB como marco de referencia para dicho software. En este contexto, de seguido se presentan los resultados obtenidos tras la implementación y evaluación de SIMACU.

SIMACU está compuesto por once funcionalidades, las cuales se ilustran en la Figura 3. Estas se pueden acceder desde la página de inicio del sistema a través del flujo de acceso indicado por las flechas.

Figura 3
Estructura de navegación de SIMACU.



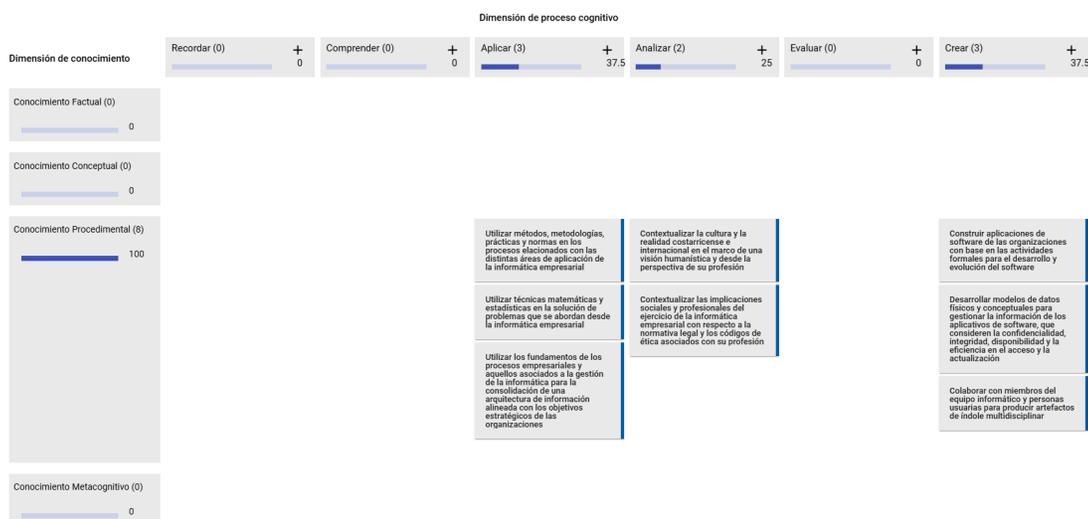
Fuente: Elaboración propia, 2024

A continuación, se presentan cuatro funcionalidades de SIMACU junto con la evaluación realizada por las personas expertas.

4.1 Funcionalidad ‘Resultados de aprendizaje del plan estudios’:

Mediante esta funcionalidad la persona usuaria puede gestionar los RA del plan de estudios. Esta interfaz se basa en la tabla de la TRB y tiene como objetivo mostrarle a la persona usuaria el balance en la distribución de los RA en torno a las dimensiones de la taxonomía, y una visualización porcentual de la distribución de los RA en relación con las dos dimensiones (Figura 4).

Figura 4
Captura de pantalla de la funcionalidad ‘Resultados de aprendizaje del plan de estudios’.
Resultados de aprendizaje del plan de estudios



Nota. La figura muestra los RA del plan de estudios del Bachillerato en Informática Empresarial.
Fuente: Elaboración propia, 2024

Desde esta interfaz se accede a las opciones para agregar, modificar y eliminar los RA del plan de estudios. En la Figura 5, se presenta la pantalla que se despliega al seleccionar alguna de estas opciones. En este caso se observa la interfaz para el registro del resultado de aprendizaje “Utilizar métodos, metodologías, prácticas y normas en los procesos relacionados con las distintas áreas de aplicación de la Informática Empresarial”, el cual se clasifica como “Aplicar/Conocimiento procedimental” según las dimensiones cognitiva y de conocimiento de la taxonomía. Como puede notarse, la estructura del RA se compone de un verbo, el complemento y el contexto. Además, en el ámbito de la TRB, para cada RA se selecciona tanto el tipo de conocimiento como el proceso cognitivo correspondiente.

Figura 5
Captura de pantalla para 'Editar resultado de aprendizaje del plan de estudios'.

Editar Resultado de Aprendizaje

Dimensiones del resultado de aprendizaje

Tipo conocimiento *
Procedimental

Proceso Cognitivo *
Aplicar

Subproceso Cognitivo *
Implementar

Componentes del resultado de aprendizaje

Verbo *
Utilizar

Complemento *
métodos, metodologías, prácticas y normas en los procesos

Contexto *
relacionados con las distintas áreas de aplicación de la informática empresarial

Resultado de aprendizaje propuesto

Utilizar métodos, metodologías, prácticas y normas en los procesos relacionados con las distintas áreas de aplicación de la informática empresarial

Guardar Cancelar

Nota. La imagen incluye datos de un RA del Bachillerato en Informática Empresarial.
Fuente: Elaboración propia, 2024

A medida que la persona usuaria agrega cada uno de los RA del plan de estudios, el software le muestra los RA en la tabla de la TRB, como se observa en la Figura 4. En relación con la evaluación de la funcionalidad descrita, se buscó conocer la percepción del grupo evaluador sobre su pertinencia. A continuación, se presentan los resultados obtenidos:

1. respecto al balance en la distribución de los RA, en torno a las dimensiones de la taxonomía, dos de las personas la valoraron como muy alta, mientras que una persona la consideró de alta pertinencia;
2. en cuanto a la visualización de la distribución porcentual de los RA del plan de estudios, según los tipos de procesos cognitivos y de conocimiento de la taxonomía, las tres personas evaluadoras manifestaron una apreciación muy alta.

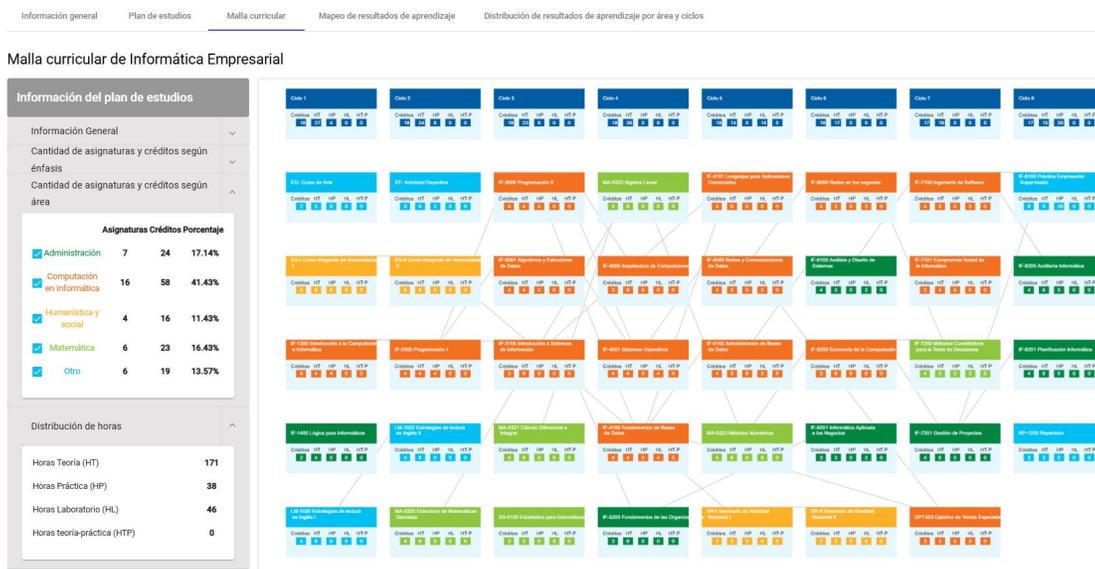
Con respecto a la utilidad de la pantalla 'Editar resultado de aprendizaje', Figura 5, las tres personas evaluadoras la consideraron de muy alta utilidad para llevar a cabo el registro, edición y borrado de un RA. En lo que respecta a la creación de un nuevo RA, dos personas señalaron que era de muy alta utilidad, y una persona indicó que tenía alta utilidad.

4.2 Funcionalidad ‘Malla curricular’

A través de esta característica del software, la persona usuaria puede visualizar de manera gráfica el conjunto de asignaturas que conforman el plan de estudios, como se aprecia en la Figura 6. En esta pantalla, las asignaturas se presentan con distintos colores, según el área disciplinar, para facilitar su identificación.

El panel situado a la izquierda de la malla ofrece la posibilidad de consultar información general sobre el plan de estudios, que incluye: datos generales; la cantidad de cursos y créditos según cada énfasis del plan; la cantidad de cursos y créditos por áreas disciplinares; así como la distribución de horas y total de créditos y horas por ciclo. Asimismo, en este panel la persona usuaria puede filtrar las asignaturas por área disciplinar o por algún énfasis del plan de estudios.

Figura 6
Captura de pantalla de la funcionalidad ‘Malla curricular’.



Nota. La figura presenta información del Bachillerato en Informática Empresarial.

Fuente: Elaboración propia, 2024

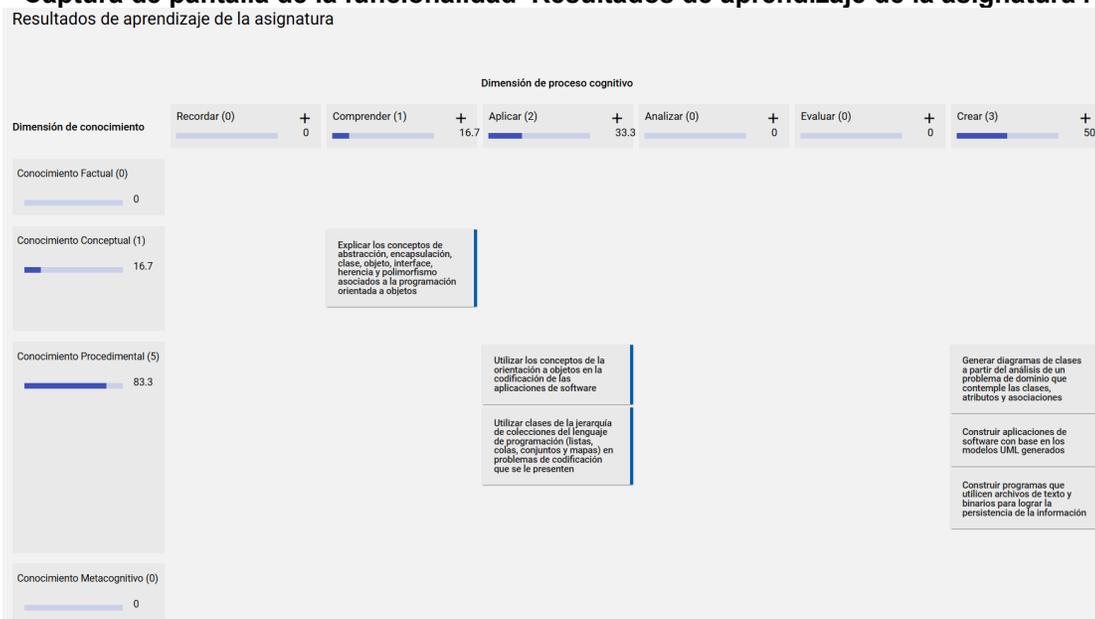
En la malla curricular, la persona usuaria también puede llevar a cabo las siguientes acciones:

1. editar la información de la asignatura en datos como sigla, nombre, créditos, horas teoría, horas prácticas, entre otros;
2. editar los RA previstos para la asignatura (Figura 7). Puede notarse que esta pantalla tiene la misma presentación y dinámica de comportamiento equivalente a la interfaz

utilizada para la inclusión de los RA asociados al plan de estudios, descrita en la sección anterior. En la Figura 7, se presentan los 6 RA de la asignatura “Programación II” en la tabla de la TRB. Puede observarse que el 83.3 % de los resultados de aprendizaje que se plantearon se ubican en conocimiento procedimental y solo un 16.7 % en conocimiento conceptual. Esto puede conllevar a reflexionar sobre la necesidad de incorporar otros RA en las otras categorías de conocimiento, en especial las habilidades metacognitivas, por ejemplo. Un análisis similar se puede efectuar en relación con la distribución de los RA frente a su complejidad cognitiva.

Figura 7

Captura de pantalla de la funcionalidad ‘Resultados de aprendizaje de la asignatura’.



Nota. La imagen muestra datos de los RA de la asignatura ‘Programación II’ del Bachillerato en Informática Empresarial.

Fuente: Elaboración propia, 2024

En cuanto a la pertinencia de la información de esta funcionalidad (“Malla curricular”), se obtuvieron las siguientes valoraciones de las personas evaluadoras:

1. las tres personas evaluadoras calificaron de muy alta pertinencia la información presentada en esta funcionalidad. Esto, en aspectos como cantidad de créditos, relación entre horas teóricas y prácticas, requisitos y correquisitos;

2. dos personas consideraron la pertinencia como muy alta, mientras que una la evaluó como alta, esto en relación con la información general sobre el plan de estudios y la vinculación de las asignaturas con las áreas disciplinares.

Respecto a la completitud de esta funcionalidad y su contribución con los procesos de diseño, revisión o actualización de un plan de estudios, las tres personas evaluadoras la calificaron como buena.

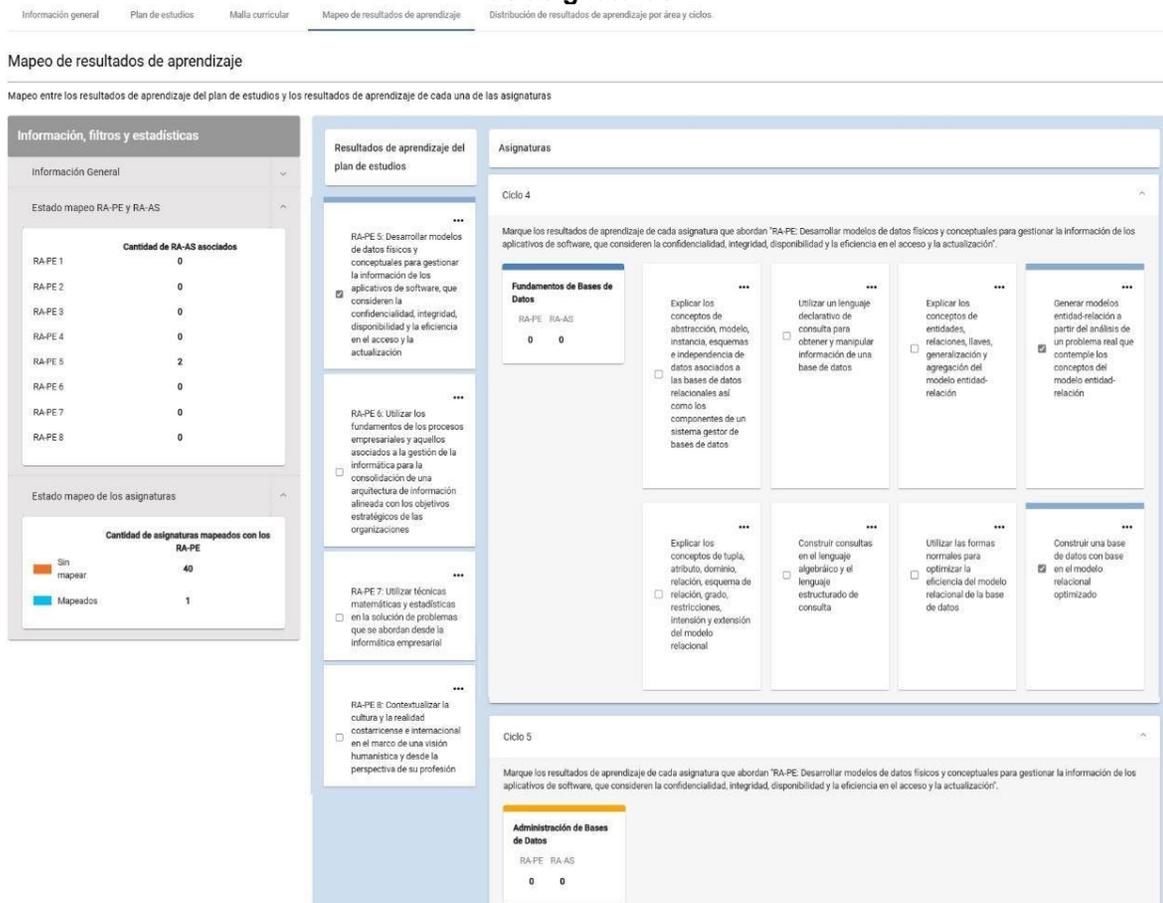
4.3 Funcionalidad de ‘Mapeo entre los RA del plan de estudios y los RA de las asignaturas’

Por medio de esta funcionalidad la persona usuaria puede verificar la existencia de alineación entre los RA previstos del plan de estudios y los RA previstos de las asignaturas (Figura 8). En este proceso de mapeo es posible que un solo RA del plan de estudios esté vinculado con múltiples RA de las asignaturas. También, este mapeo le permitirá a la persona usuaria determinar si todos los RA del plan de estudios están cubiertos o no entre las asignaturas, así como evaluar si existe un balance en la cobertura de los RA en las dos vías (desde los pertenecientes al plan de estudios hacia los de las asignaturas o viceversa).

En la Figura 8, en la parte central, se muestra una columna con los RA del plan de estudios (RA-PE). Para fines ilustrativos solo se muestran los RA-PE del cinco al ocho. Puede notarse que el quinto está seleccionado con el fin de que la persona usuaria pueda realizar el proceso de mapeo, el cual indica: "RA-PE5: Desarrollar modelos de datos físicos y conceptuales para gestionar la información de los aplicativos de software, que consideren la confidencialidad, integridad, disponibilidad y la eficiencia en el acceso y la actualización". En la parte derecha de la imagen, se presenta la asignatura "Fundamentos de bases de datos" y sus respectivos RA. Se puede observar que hay dos RA asociados con el quinto RA-PE. En particular, los siguientes: "Generar modelos entidad-relación a partir del análisis de un problema real que contemple los conceptos del modelo entidad-relación"; "Construir una base de datos con base en el modelo relacional optimizado".

Por otro lado, en la parte izquierda de la pantalla se observa un conteo de cuáles RA-PE han sido mapeados con los de las asignaturas. Asimismo, se presenta la cantidad de asignaturas que están o no mapeadas con algún RA-PE. Ambos datos le permiten a la persona usuaria tener información precisa del estado del mapeo.

Figura 8
Captura de pantalla de la funcionalidad “Mapeo entre los RA del plan de estudios y los RA de las asignaturas”



Nota. La figura presenta datos del Bachillerato en Informática Empresarial.
Fuente: Elaboración propia, 2024

En cuanto a la evaluación de la funcionalidad descrita, específicamente en lo que respecta a la utilidad para identificar la alineación entre los RA del plan de estudios y los RA de las asignaturas, se recibieron las siguientes apreciaciones por parte de las personas evaluadoras:

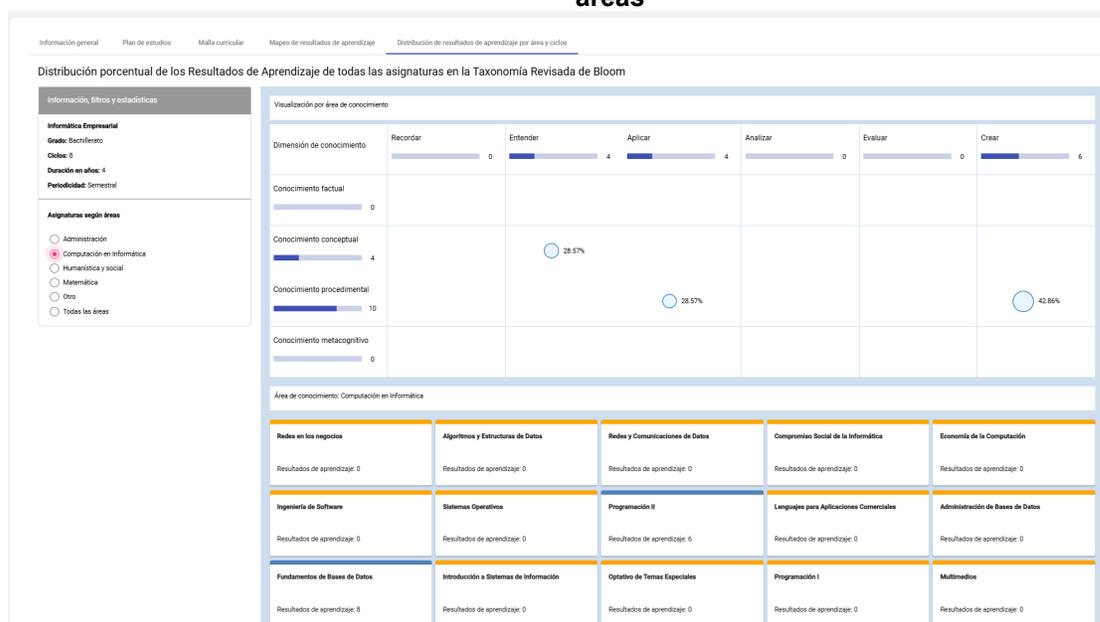
1. respecto a la posibilidad de visualizar los RA del plan de estudios con los RA de las asignaturas, las tres personas evaluadoras indicaron que la utilidad es muy alta;
2. en cuanto a la visualización de los RA del plan que se asocian con los RA de las asignaturas, dos personas señalaron un grado alto de utilidad, mientras que una indicó una utilidad muy alta.

3. en el caso de identificar los RA del plan que no han sido asociados a los RA de las asignaturas, así como las asignaturas que no están vinculadas con los RA del plan de estudios, una persona señaló que esta pantalla tiene alta utilidad, mientras que dos personas la consideraron de muy alta utilidad.

4.4 Funcionalidad ‘Distribución porcentual de los resultados de aprendizaje de todas las asignaturas en la matriz de la Taxonomía Revisada de Bloom por áreas’:

A través de esta funcionalidad (Figura 9) la persona usuaria puede: a) analizar el balance en la distribución de los RA de las asignaturas de un área disciplinar en relación con los procesos cognitivos y los tipos de conocimiento; e b) identificar posibles omisiones de RA en los procesos cognitivos y/o tipos de conocimientos que puedan ser relevantes para un área disciplinar de un plan de estudios. Como se observa en la Figura 9, en el caso del área seleccionada (Computación e informática), el 42.86 % de los RA de las asignaturas de dicha área se sitúan en el cruce de “Crear/Conocimiento procedimental”, un 28.57 % en “Aplicar/Conocimiento procedimental” y un 28.57% en “Entender/Conocimiento Conceptual”. En la parte inferior de la pantalla se resaltan, en azul, las asignaturas que contribuyeron con los RA para dicha estadística.

Figura 9
Captura de pantalla de la funcionalidad ‘Distribución porcentual de los resultados de aprendizaje de todas las asignaturas en la matriz de la Taxonomía Revisada de Bloom por áreas’



Nota. La imagen refleja datos del Bachillerato en Informática Empresarial.

Fuente: Elaboración propia, 2024

Los contenidos de este artículo están bajo una licencia [Creative Commons](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Con respecto a la evaluación de esta funcionalidad, se obtuvieron las siguientes apreciaciones por parte de las personas evaluadoras:

1. para analizar el balance en la distribución de los RA de las asignaturas de un área disciplinar, con respecto a los procesos cognitivos, las tres personas evaluadoras coincidieron que tiene muy alta utilidad;
2. para identificar posibles faltantes de RA en procesos cognitivos, que puedan ser de interés en un área disciplinar del plan de estudios, dos de las personas indicaron que la utilidad era muy alta y una indicó que era alta.

Finalmente, tras el análisis de estas cuatro funcionalidades de SIMACU, la Figura 10 resume la evaluación realizada por las tres personas evaluadoras sobre cada una de ellas en los siguientes criterios: facilidad para completar las tareas, cantidad de tiempo requerido para completar las tareas e información de apoyo presente en cada caso. Como se puede observar, para cada una de las funcionalidades, las personas indicaron estar muy de acuerdo o de acuerdo respecto a los tres puntos consultados.

Figura 10
Resultados de la evaluación sobre facilidad para completar tareas, cantidad de tiempo requerido e información de apoyo para las cuatro funcionalidades implementadas.

Funcionalidad	Criterios a evaluar	Muy de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Muy en desacuerdo
Resultados de aprendizaje del plan estudios	Facilidad para completar las tareas	☺☺	☺		
	Cantidad de tiempo para completar las tareas	☺☺	☺		
	Información de apoyo presentada	☺☺	☺		
Malla curricular	Facilidad para completar las tareas	☺☺☺			
	Cantidad de tiempo para completar las tareas	☺☺☺			
	Información de apoyo presentada	☺☺☺			
Mapeo entre los RA del plan de estudios y los RA de las asignaturas	Facilidad para completar las tareas	☺☺	☺		
	Cantidad de tiempo para completar las tareas	☺☺☺			
	Información de apoyo presentada	☺☺	☺		
Distribución porcentual de los resultados de aprendizaje de todas las asignaturas en la matriz de la Taxonomía Revisada de Bloom, por áreas	Facilidad para completar las tareas	☺☺☺			
	Cantidad de tiempo para completar las tareas	☺☺☺			
	Información de apoyo presentada	☺☺	☺		

Fuente: Elaboración propia, 2024

Adicionalmente, con el fin de establecer una valoración de SIMACU en relación con otras soluciones documentadas en la literatura, se efectuó un análisis con base en las categorías propuestas en el estudio de Kononowicz et al. (2020) y el alcance definido en la metodología de este artículo.

En relación con la categoría de visualizaciones, SIMACU contempla cuatro funcionalidades que recurren a representaciones visuales de elementos del currículo. Aldrich (2015) plantea la utilización de una red de prerrequisitos para valorar la coherencia curricular. Como se ha señalado, SIMACU incorpora una malla curricular (Figura 6) mediante un grafo dirigido, en el cual los nodos simbolizan las asignaturas, y las conexiones entre ellos indican la relación de predecesor-sucesor. La parte novedosa de esta pantalla reside en que las asignaturas no solo se observan como nodos conectados, sino que se agrupan en columnas que representan los ciclos lectivos, lo que ofrece claridad sobre el lugar donde se ubican en el plan de estudios. Asimismo, se muestran los nodos con colores específicos, que corresponden a las áreas de conocimiento a las que pertenecen. Además, esta visualización se acompaña de datos estadísticos relevantes, como distribución de horas por ciclo para todo el plan de estudios, así como distribución de créditos por ciclo y por área de conocimiento.

Por otro lado, Komenda et al. (2017) recurren a gráficos de barra para mostrar la distribución del uso de los verbos de acción en la taxonomía de Bloom. En el caso de SIMACU, se utiliza un panel en el que se muestra la matriz de la TRB. En este panel, se ubican los resultados de aprendizaje (Figuras 4 y 7) en los cruces de las dimensiones cognitiva y de conocimiento, y se complementan con barras gráficas que indican los porcentajes de los resultados de aprendizaje que corresponden a cada dimensión. Como complemento de lo anterior, SIMACU implementa una pantalla para conocer la distribución de los resultados de aprendizaje de las áreas de conocimiento del plan de estudio en las dimensiones de la TRB (Figura 9).

En el caso de la categoría de descripciones basadas en texto y funciones analíticas, SIMACU incorpora, en su base de datos, el catálogo de verbos de acción de la TRB. Asimismo, fue posible adicionar los 56 verbos propuestos por *The Association for Computing Machinery* (2023) con el fin enriquecer dicho catálogo. Al margen de la necesidad identificada por Kononowicz et al. (2020) para reducir el número de aspectos del currículo, el diseño conceptual de SIMACU se planteó para responder a las particularidades de los procesos de diseño curricular de la UNED y la UCR; no obstante, en relación con el proceso de mapeo

curricular, se atienden las etapas del alineamiento constructivo propuestas por Biggs y Tang (2011). De hecho, para la categoría de enfoque basado en resultados, se implementó una funcionalidad (Figura 5) para redactar los resultados de aprendizaje con base en buenas las prácticas, en la tabla de la TRB y sus verbos; asimismo, se concretó otra funcionalidad (Figura 9) que permite efectuar el mapeo entre los resultados del plan de estudios y los asociados a las asignaturas.

5. Conclusiones

Como producto del proceso de creación y evaluación del software SIMACU se obtuvieron las siguientes conclusiones:

El software SIMACU consideró funcionalidades básicas para implementar el mapeo curricular. En particular, puede emplearse para verificar la existencia de alineamiento entre los componentes del currículo y los RA tanto en planes de estudio de nivel de grado como de posgrado. La herramienta se caracteriza por su flexibilidad, por el empleo de múltiples visualizaciones y por facilitar el análisis de diversos aspectos del diseño del currículo.

Derivado de la evaluación con pares, se concluyó que SIMACU le ofrece a la persona usuaria las posibilidades para la correcta redacción de los RA tanto del plan de estudios como de cada asignatura. Además, le permite escoger el proceso cognitivo asociado al verbo y el tipo de conocimiento. Esta característica garantiza que todos los RA de un plan de estudios sean consolidados con una redacción enmarcada en una estructura estándar y que respondan al nivel cognitivo esperado.

Para el proceso de definición de los RA, el software SIMACU los presenta en la tabla de la TRB, lo cual le permite a la persona usuaria identificar oportunidades de mejora con respecto a la intersección de los procesos cognitivos y los conocimientos esperados. Así, de una forma visual, el software presenta la distribución de los RA en estos cruces, lo que posibilitó que se valorara si se debían agregar, suprimir, editar o redistribuir en dicha tabla. Lo anterior con el fin de lograr un diseño acorde con la intención educativa de interés. Por ejemplo, al ubicarlos en la tabla, se puede determinar si los RA estaban situados en los niveles cognitivos más bajos, intermedios o más altos de la taxonomía. Por otro lado, en términos de su pertinencia y utilidad, esta funcionalidad fue muy bien evaluada por las personas expertas.

El software desarrollado tiene la capacidad de incluir otros verbos necesarios para la redacción de los RA, lo que evidenció, la flexibilidad de SIMACU para atender modificaciones a nivel del mapeo curricular acordes con las necesidades de las carreras.

Con SIMACU, se pudo poner en práctica el alineamiento constructivo planteado por Biggs y Tang (2011). En particular, el software está implementado para seguir los pasos que sugieren Anderson et al. (2001), quienes utilizan la matriz de la TRB. Asimismo, con esta investigación se logró clarificar cómo debe redactarse un resultado de aprendizaje con el soporte de esta taxonomía y cómo asociar, de una manera interactiva, el conjunto de RA con los diversos componentes del currículo, entre ellos: perfil de salida del plan de estudios, asignaturas, actividades de aprendizaje y evaluación.

SIMACU incorpora una funcionalidad para mapear los RA-PE con los RA de las asignaturas. La interfaz propuesta le permitió al equipo de diseño curricular verificar que los RA-PE hubieran sido considerados en las diversas asignaturas, verificar la existencia de mayor énfasis en alguno de los RA-PE o la falta de cobertura de alguno. Al someter a evaluación esta funcionalidad, en términos de la utilidad, se obtuvieron resultados positivos.

El software ofrece una funcionalidad para visualizar la distribución porcentual de los resultados de aprendizaje de las asignaturas filtrados por área disciplinar. Esta estadística puede verse en las intersecciones de los procesos cognitivos y de los tipos de conocimientos de la tabla de la TRB. Ello posibilita que la persona usuaria pueda hacer una valoración del balance general de dichos resultados de aprendizaje en términos de la complejidad cognitiva que se pretenda. Por otro lado, las personas que evaluaron esta funcionalidad la consideraron de alta y muy alta utilidad.

El equipo de personas investigadoras ha iniciado un proceso de demostración del software a lo interno de sus universidades, lo cual ha generado expectativas sobre las bondades que ofrece una herramienta de esta naturaleza. No obstante, la adopción de un software de mapeo curricular en dichas instituciones forma parte de los retos en tecnologías de información, en específico, para sobrellevar los procesos de creación o revisión de planes de estudios existentes.

En términos de funcionalidades, el alcance del software se limitó a implementar solo algunos de los pasos que implica un proceso completo de diseño curricular y del alineamiento constructivo. Esta decisión se tomó con el propósito de enfocarse en los momentos relacionados con la creación de los RA tanto del plan de estudios como de las asignaturas,

dado que constituyen el núcleo desde los cuales se articulan las asignaturas, la metodología, las actividades evaluativas, las áreas disciplinares, entre otros.

En cuanto a las recomendaciones, se destaca la necesidad de desarrollar otras experiencias investigativas en las cuales se pueda ajustar el software con otras taxonomías, como la de SOLO, para evaluar su funcionamiento y valorar las facilidades para los procesos asociados a su uso.

Además, en lo que respecta al uso del software SIMACU, se recomienda el desarrollo de una capacitación en dos ámbitos. En el caso del personal docente que participa en el proceso de diseño curricular, este debe formarse en los fundamentos teóricos que dieron origen al software; entre ellos, resultados de aprendizaje, redacción de resultados de aprendizaje con base en la TRB, alineamiento constructivo, conformación de un catálogo de verbos de acción que respondan a la disciplina y que complementen las listas de verbos bases que forman parte de los procesos cognitivos de la TRB. En cuanto a la capacitación sobre la herramienta, según las funcionalidades que se implementaron, se recomienda que se desarrolle una actividad demostrativa en la que se registren RA para el plan de estudios y para unas cuantas asignaturas. Ello puede servir para ejemplificar cómo un conjunto de resultados de aprendizaje logran o no un balance con respecto a la complejidad cognitiva en la TRB. Esto puede aprovecharse para generar espacios de discusión que consideren aspectos como la correcta redacción de los RA, replantear los RA de una asignatura, visualizar los RA en la secuencia de las asignaturas, verificar si los RA del plan de estudios están cubiertos, entre otros.

6. Referencias

- Aldrich, Preston R. (2015). The curriculum prerequisite network: Modeling the curriculum as a complex system. *Biochemistry & Molecular Biology Education*, 43(3), 168–180. <https://doi.org/10.1002/bmb.20861>
- Al-Eyd, Ghaith., Achike, Francis., Agarwal, Mukesh., Atamna, Hani., Atapattu, Dhammika N., Castro, Lony., Estrada, John., Ettarh, Rajunor., Hassan, Sherif., Lakhan, Shaheen E., Nausheen, Fauzia., Seki, Tsugio., Stegeman, Matthew., Suskind, Robert., Velji, Anvar., Yakub, Mohsin., y Tenore, Alfred. (2018). Curriculum mapping as a tool to facilitate curriculum development: a new School of Medicine experience. *BMC Medical Education*, 18(1), 185–185. <https://doi.org/10.1186/s12909-018-1289-9>
- Anderson, Lorin W., Krathwohl, David R., Airasian, Peter W., Cruikshank, Kathleen A., Mayer, Richard E., Pintrich, Paul R., Raths, James., y Wittrock, Merlin C. (2001). *A taxonomy for learning, teaching, and assessing: a revision of bloom's taxonomy of educational objectives*. Addison Wesley Longman Inc.

- Association for Computing Machinery. (2023). *Bloom's for Computing: Enhancing Bloom's Revised Taxonomy with Verbs for Computing Disciplines*. <https://dl.acm.org/doi/pdf/10.1145/3587276>
- Balzer, Felix., Hautz, Wolf E., Spies, Claudia., Bietenbeck, Andreas., Dittmar, Martin., Sugiharto, Firman., Lehmann, Lars., Eisenmann, Dorothea., Bubser, Florian., Stieg, Markus., Hanfler, Sven., Georg, Waltraud., Tekian, Ara., y Ahlers, Olaf. (2016). Development and alignment of undergraduate medical curricula in a web-based, dynamic Learning Opportunities, Objectives and Outcome Platform (LOOOP). *Medical Teacher*, 38(4), 369–377. <https://doi.org/10.3109/0142159X.2015.1035054>
- Behrends, Marianne., Steffens, Sandra., y Marschollek, Michael. (2017). The Implementation of Medical Informatics in the National Competence Based Catalogue of Learning Objectives for Undergraduate Medical Education (NKLM). *Studies in Health Technology and Informatics*, 243, 18–22. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-808-2-18>
- Biggs, John., y Tang, Catherine. (2011). *Teaching for Quality Learning at University: What the Student Does* (4ª ed.). McGraw-Hill. [https://cetl.ppu.edu/sites/default/files/publications/-John Biggs and Catherine Tang- Teaching for Quali-BookFiorg-.pdf](https://cetl.ppu.edu/sites/default/files/publications/-John%20Biggs%20and%20Catherine%20Tang-Teaching%20for%20Quality%20Learning.pdf)
- Canning, Claire Ann., Loe, Alan., Cockett, Kathryn Jane., Gagnon, Paul., y Zary, Nabil. (2017). Data Driven Quality Improvement of Health Professions Education: Design and Development of CLUE - An Interactive Curriculum Data Visualization Tool. *Studies in Health Technology and Informatics*, 235, 171–175. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-753-5-171>
- Centro de Evaluación Académica (CEA). (s.f.). *Actualización de carreras universitarias*. Universidad de Costa Rica. https://www.cea.ucr.ac.cr/images/desarrollocurricular/boletin_final_pagina_web.pdf
- Centro de Evaluación Académica (CEA). (2021). *Reglamento del CEA*. Universidad de Costa Rica. https://www.cea.ucr.ac.cr/images/CEATransparente/Reglamento_CEA.pdf
- Cottrell, Scott., Hedrick, Jason S., Lama, Anna., Chen, Brian., West, Courtney A., Graham, Lori., Kiefer, Christopher., Hogg, Jeffery., y Wright, Melvin. (2016). Curriculum Mapping: A Comparative Analysis of Two Medical School Models. *Med.Sci.Educ.* 26, 169–174. <https://doi.org/10.1007/s40670-016-0225-z>
- Creswell, John W., y Creswell, J. David. (2018). *Research Design: Qualitative, Quantitative, and Mixed Methods Approaches* (5th ed.). Sage Publications.
- Espinoza Altamirano, Manuel J. (2018). Las TICS como factor clave en la gestión académica y administrativa de la universidad. *Gestión en el Tercer Milenio*, 20(39), 35-44. <https://doi.org/10.15381/gtm.v20i39.14141>
- Fritze, Olaf., Lammerding-Koeppel, Maria., Boeker, Martin., Narciss, Elisabeth., Wosnik, Annette., Zipfel, Stephan., y Griewatz, Jan. (2019). Boosting competence-orientation in undergraduate medical education - A web-based tool linking curricular mapping and visual analytics. *Medical Teacher*, 41(4), 422–432. <https://doi.org/10.1080/0142159X.2018.1487047>

- Gamboa Solano, Livieth., Guevara Mora, María G., Mena, Álvaro., y Umaña Mata, Ana C. (2023). Taxonomía revisada de Bloom como apoyo para la redacción de resultados de aprendizaje y el alineamiento constructivo. *Revista Innovaciones Educativas*, 25(38), 140-155. <https://doi.org/10.22458/ie.v25i38.4529>
- Harden, Ruth M. (2001). AMEE Guide No. 21: Curriculum mapping: a tool for transparent and authentic teaching and learning. *Medical Teacher*, 23(2), 123–137. <https://doi.org/10.1080/01421590120036547>
- Harrison, Jennifer M., y Williams, Vickie R. (2024). *A guide to curriculum mapping: Creating a collaborative, transformative, and learner-centered curriculum*. Taylor & Francis Group. <https://doi.org/10.4324/9781003439837>
- Johannesson, Paul., y Perjons, Erik. (2021). *An introduction to design science*. Springer Cham. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-78132-3>
- Kennedy, Declan. (2006). *Writing and using learning outcomes: A practical guide*. University College Cork. <https://hdl.handle.net/10468/1613>
- Komenda, Martin., Karolyi, Matěj., Pokorná, Andrea., y Vaitsis, Christos (2017). Medical and Healthcare Curriculum Exploratory Analysis. *Studies in Health Technology and Informatics*, 235, 231–235. <https://doi.org/10.3233/978-1-61499-753-5-231>
- Kononowicz, Andrzej A., Balcerzak, Łukasz., Kocurek, Anna., Stalmach-Przygoda, Agata., Ciureanu, Ioan-Adrian., Hege, Inga., Komenda, Martin., y Majerník, Jaroslav. (2020). Technical infrastructure for curriculum mapping in medical education: a narrative review. *Bio-Algorithms and Med-Systems*, 16(2). <https://doi.org/10.1515/bams-2020-0026>
- Krathwohl, David R. (2002). A Revision of Bloom's Taxonomy: An Overview. *Theory Into Practice*, 41(4), 212–218. https://doi.org/10.1207/s15430421tip4104_2
- Lewis, James R. (1995). IBM computer usability satisfaction questionnaires: psychometric evaluation and instructions for use. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 7(1), 57-78. <http://dx.doi.org/10.1080/10447319509526110>
- Schneider, Galen B., Cunningham-Ford, Marsha A., Johnsen, David C., Eckert, Mary Lynn., y Mulder, Michael. (2014). Outcomes Mapping: A Method for Dental Schools to Coordinate Learning and Assessment Based on Desired Characteristics of a Graduate. *Journal of Dental Education*, 78(9), 1268–1278. <https://doi.org/10.1002/j.0022-0337.2014.78.9.tb05798.x>
- Sharma, Maulina., Scorer, M., Kent, D., Murphy, R., y Doody, G. (2020). Mapping the undergraduate dermatology curriculum: a useful tool towards implementation of national recommendations. *Clinical and Experimental Dermatology*, 45(3), 337–339. <https://doi.org/10.1111/ced.14125>

- Spreckelsen, Cord., Finsterer, Sonja., Cremer, Jan., y Schenkat, Hennig. (2013). Can social semantic web techniques foster collaborative curriculum mapping in medicine? *Journal of Medical Internet Research*, 15(8), e169–e169. <https://doi.org/10.2196/jmir.2623>
- Steketee, Carole. (2015). Prudentia : a medical school's solution to curriculum mapping and curriculum management. *Journal of University Teaching & Learning Practice*, 12(4), 1–12. <https://doi.org/10.53761/1.12.4.9>
- Universidad Estatal a Distancia (UNED). (2021). *Lineamientos de política institucional 2021-2025*. https://www.uned.ac.cr/docencia/images/cidreb/LINEAMIENTOS_DE_POLI%CC%81TICA_INSTITUCIONAL_2021-2025.pdf
- Universidad Estatal a Distancia (UNED). (2023). *Misión y visión del PACE*. <https://www.uned.ac.cr/docencia/pace/acerca-del-pace/mision-y-vision>
- Venable, Jan., Pries-Heje, Jan., y Baskerville, Richard. (2016). FEDS: a framework for evaluation in design science research. *European journal of information systems*, 25, 77-89. <https://link.springer.com/article/10.1057/ejis.2014.36>
- Wieringa, Roelf J. (2014). *Design science methodology for information systems and software engineering*. Springer.

Información de las personas autoras

Livieth Gamboa Solano. Docente e investigadora de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Posee una maestría en Ciencias de la Computación e Informática de la UCR. Dirección electrónica: livieth.gamboa@ucr.ac.cr Orcid <https://orcid.org/0000-0002-1498-0172>

María Gabriela Guevara Mora. Docente e investigadora de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Posee una maestría en Administración y Dirección de Empresas de la UCR. Dirección electrónica: gabriela.guevara@ucr.ac.cr Orcid <https://orcid.org/0000-0002-0287-0793>

Álvaro Mena Monge. Docente e investigador de la Sede del Atlántico de la Universidad de Costa Rica, Cartago, Costa Rica. Posee una maestría en sistemas de información y otra en gerencia de proyectos empresariales, ambas del Instituto Tecnológico de Costa Rica. Dirección electrónica: alvaro.mena@ucr.ac.cr Orcid <https://orcid.org/0000-0003-0612-0532>

Ana Cristina Umaña Mata. Docente e investigadora de la Universidad Estatal a Distancia, San José, Costa Rica. Posee un doctorado en Educación obtenido en Nova Southeastern University, USA. Dirección electrónica: acumanam@uned.ac.cr Orcid <https://orcid.org/0000-0002-7998-1061>

Revista indizada en



Distribuida en las bases de datos:

