

Claudia Araceli Figueroa Rochín
Ernesto Israel Santillán Anguiano
(Coordinadores)

Software libre educativo en una cultura digital

Qartuppi®



Esta obra se edita bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.



Esta obra ha sido dictaminada por:

Dra. Diana Marcela Cardona Román
Universidad Nacional Abierta y a Distancia

Dra. Karla Lariza Parra Encinas
Universidad Autónoma de Baja California

Mtro. José Eduardo Perezchica Vega
Universidad Autónoma de Baja California

Software libre educativo en una cultura digital

1era. edición, enero 2021

ISBN 978-607-8694-037

DOI 10.29410/QTP.21.03

D.R. © 2021. Qartuppi, S. de R.L. de C.V.
Villa Turca 17, Villas del Mediterráneo
Hermosillo, Son. 83220 México
<http://www.qartuppi.com>

Edición y Diseño: Qartuppi, S. de R.L. de C.V.
Diseño de portada: León Felipe Irigoyen Morales

Contenido

- 6 Prólogo**
José Eduardo Perezchica Vega
- 9 Capítulo 1**
Diseño de Objetos de Aprendizaje educativos con eXeLearning
Claudia Araceli Figueroa Rochin y Jesuan A. Sepúlveda Rodríguez
- 24 Capítulo 2**
Análisis de datos cualitativos para la investigación social mediante software libre
Ernesto Israel Santillán-Anguiano y Emilia Cristina González-Machado
- 37 Capítulo 3**
Ingeniería de Software. Necesidades y prospectiva de la profesión en Baja California
Norma Candolfi Arballo, Guillermo Licea Sandoval, Christian Navarro Cota, David Abdel Mejía Medina, Manuel Castañón Puga, Víctor Velázquez Mejía y Camilo Caraveo Mena
- 61 Capítulo 4**
Innovación didáctica apoyada en TIC, con acceso y software libre
Aidee Espinosa Pulido y Clotilde Lomeli Agruel

- 75** **Capítulo 5**
Situaciones didácticas sobre transformaciones geométricas en secundaria mediante modelación 3D con software libre
Alejandro Trujillo Castro, Magally Martínez Reyes y Anabelem Soberanes Martín
- 91** **Capítulo 6**
Construyendo algunos conceptos en cálculo integral con el auxilio de GeoGebra
Mario García-Salazar
- 110** **Capítulo 7**
Propuesta de adopción de software libre en carreras universitarias de cómputo en la Universidad Autónoma del Estado de México
Anabelem Soberanes Martín y Magally Martínez Reyes
- 131** **Capítulo 8**
Aprender matemáticas: una experiencia desde las bondades de lo digital
Andemí Hernández Cárdenas, Gricelda Mendivil Rosas y Leidy Hernández Mesa

Prólogo

El presente libro aborda diferentes preocupaciones y propuestas en torno al software libre como mecanismo de solución en el entorno educativo, tanto a nivel curso —para el desarrollo de competencias y operación de los programas educativos— como a nivel del desarrollo de determinadas profesiones.

Por un lado, podemos encontrar capítulos como el de Figueroa y Sepúlveda, quienes describen el aprovechamiento del programa eXeLearning como herramienta para el diseño de objetos de aprendizaje y para la formación de estudiantes de licenciatura en los principios de la producción de recursos didácticos en formatos digitales. Los autores comentan las ventajas de la aplicación, y la metodología utilizada dentro de un curso para implementar experiencias de aprendizaje, así como la descripción de algunos de los productos logrados.

Espinosa y Lomelí presentan, por su parte, una experiencia de trabajo con software libre como estrategia didáctica para alumnos de licenciatura. Lo anterior, en el marco de la innovación educativa, como búsqueda y medio para ampliar las posibilidades didácticas en las estrategias de enseñanza y aprendizaje. Las autoras relatan la incorporación de aplicaciones como eXeLearning para la creación de objetos de aprendizaje, así como la herramienta FreeMind con la cual se elaboran mapas mentales. En ambos casos se presentan argumentos de cómo estas herramientas permiten motivar mayor aprendizaje en los estudiantes, tanto del contenido en cuestión como en torno a sus competencias digitales.

El capítulo de Trujillo, Martínez y Soberanes es una revisión en relación con situaciones didácticas sobre transformaciones geométricas mediante modelación 3D, con software libre y con estudiantes de nivel secundaria. Su propuesta, dirigida a docentes de nivel secundaria, versa precisamente sobre la incorporación de herramientas de poco uso en el nivel, como las de modelado 3D en asignaturas de matemáticas y con el software BlocksCAD. La propuesta está planteada a partir de la teoría de las situaciones didácticas, con la cual sugieren una serie de momentos de aplicación de la actividad y el uso del

software mencionado, con la finalidad de acercar a los jóvenes a formas visuales de los conceptos matemáticos y geométricos.

En una línea similar, García-Salazar presenta la propuesta de enseñanza-aprendizaje de conceptos de cálculo integral con apoyo de Geogebra —programa tipo software libre—. El autor presenta una breve historia del cálculo integral y recomendaciones de estrategias para abordar su enseñanza, incluyendo ejercicios prácticos que el mismo autor ha planteado con grupos de nivel licenciatura.

Hernández, Mendivil y Hernández comparten en su capítulo la experiencia de desarrollo de una aplicación móvil orientada a la ludificación, con la cual se buscaba favorecer el aprendizaje de tópicos de matemáticas en educación secundaria. Las autoras revisan el impacto que el uso de las tecnologías digitales y dispositivos móviles pueden tener en los procesos de enseñanza y aprendizaje, particularmente en el área y nivel seleccionados. Eligen combinar el desarrollo de una aplicación móvil, que siga las pautas de la metodología de ludificación, pues consideran que, si los estudiantes se divierten durante las clases, pueden motivarse y esforzarse más para aprender los contenidos que se estén revisando. Finalmente, comparten algunos de los resultados obtenidos con esta propuesta de solución, donde los alumnos obtuvieron mejor evaluación y se sintieron más motivados para continuar con clases apoyadas con estos elementos.

En un escenario más amplio, el de las profesiones, Candolfi, Licea, Navarro, Mejía, Castañón, Velázquez y Caraveo exponen en su apartado el análisis que realizaron en torno a la carrera de Ingeniería de Software, identificando las necesidades y prospectiva de esta profesión en el contexto particular de Baja California, México. Como parte de su trabajo, presentan la evolución que ha tenido en las décadas recientes la profesión, considerando la presencia tan amplia de dispositivos que requieren de software y desarrolladores de este en la actualidad. Asimismo, realizan un análisis de las necesidades sociales en el contexto internacional, nacional y estatal, para identificar las áreas de desarrollo de un profesionista de esta disciplina, y el porqué de la necesidad de programas de esta área. También presentan la descripción del mercado laboral inmediato de estos profesionistas en el escenario estatal y nacional, como un referente de su crecimiento y evolución constante.

Por otra parte, Santillán-Anguiano y González-Machado describen la experiencia de uso del software RQDA (extensión del lenguaje de programación R) en la investigación cualitativa, particularmente en el análisis de datos dentro del ámbito social y educativo. Los autores, además de plantear un procedimiento de incorporación de la herramienta mencionada, invitan a incorporar tecnologías de tipo software libre en la investigación educativa, atendiendo a las posibilidades que los softwares disponibles tienen en la labor del investigador y como mecanismos para lograr un mejor aprovechamiento de los recursos para tal labor en las instituciones públicas y el gobierno.

Soberanes y Martínez comparten una propuesta de adopción de software libre en carreras universitarias del área de cómputo en una universidad pública en México, la cual pudiera ser replicable en otras instituciones de características similares. En su propuesta, las autoras plantean las ventajas de la sustitución del software propietario por software libre, desde la evidente reducción en costos, como las posibilidades de ajustarlo a las necesidades particulares de los usuarios y las instituciones, sobre todo en programas educativos donde se aborda el mismo desarrollo de software como competencia de los perfiles de egreso. El capítulo contiene, además de la justificación correspondiente, un amplio análisis de los softwares de mayor uso en las diferentes áreas curriculares de estos programas educativos, tanto los de tipo propietario que ya se usan, como sus alternativas en software libre. Después presentan los pasos de la propuesta de adopción de estos softwares, que incluye identificar los objetivos de las asignaturas, el tipo de software que se puede utilizar, revisar las opciones disponibles, valorar el conocimiento sobre dicho software, incorporarlo y valorar finalmente si su incorporación permite el logro de los objetivos de las asignaturas.

Como se puede ver, los capítulos que conforman este libro brindan suficiente diversidad temática entre sí. Desarrollados desde diferentes enfoques, pero en torno al software libre, presentan variedad en el tipo de herramientas implementadas (desde aquellas de apoyo en actividades de estudiantes hasta aquellas de apoyo al trabajo de investigación) y distinto nivel de aplicación (desde la implementación en el salón de clase hasta el impacto en la empleabilidad y desarrollo de las profesiones). Y, con lo anterior, permiten al lector contar con un panorama amplio del impacto de las tecnologías digitales y el software libre en el ámbito educativo.

José Eduardo Perezchica Vega



Capítulo 1

Diseño de Objetos de Aprendizaje educativos con eXeLearning

Claudia Araceli Figueroa Rochin y Jesuan A. Sepúlveda Rodríguez

El diseño de objetos de aprendizaje con fines educativos es una actividad común en la docencia, que permite generar contenidos de apoyo a prácticas académicas como una forma didáctica de reforzamiento o evaluación de áreas particulares apoyadas con tecnologías de la información y la comunicación (TIC).

Dentro de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa (FPIE) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC) se imparte para los alumnos de etapa terminal la materia de Diseño de Objetos de Aprendizaje como parte de su formación académica y su preparación como futuros docentes.

La asignatura pretende que los estudiantes logren explorar, investigar, analizar y crear sus propios recursos digitales con apoyo de las TIC, profundizando en los fundamentos metodológicos y prácticos para lograr su diseño.

Una de las herramientas que se ha utilizado para el desarrollo de objetos de aprendizaje es el programa de código abierto EXeLearning que permite por su fácil acceso y uso casi intuitivo que personas sin mucha experiencia en el manejo de TIC puedan hacer uso de ellas, generando diseños que integran imágenes, textos, videos y evaluaciones entre otros elementos con herramientas que permiten el desarrollo de materiales con formatos estándares para su fácil hospedaje y publicación, y, por lo tanto, distribución y uso. El presente capítulo muestra la experiencia del diseño de objetos de aprendizaje utilizando EXeLearning, realizados por alumnos de la etapa terminal de la Facultad de Pedagogía de la UABC.



Competencias digitales en futuros pedagogos

El uso de las TIC y la generación de material audiovisual a gran escala, en las diferentes plataformas y servicios globales ha generado un aumento en la inmersión de las personas en los entornos digitales, dentro de la vida profesional esto se traduce en demanda de nuevas competencias y conocimientos. En relación con estas necesidades de formación, García-Pérez et al. (2016) mencionan que si bien las competencias digitales pueden ser variadas es importante centrarse en mejorar la presencia social de los profesores en los entornos virtuales de aprendizaje.

Krumsvik (2014) así como Lund y Erikson (2016) identifican un doble desafío para los profesores, ya que al hablar de la competencia digital sostienen que es más compleja en la profesión docente en comparación con otras profesiones, ya que existen dos dimensiones de su competencia digital. El primero se relaciona con su capacidad para usar la tecnología de manera fluida durante el ejercicio de su profesión y los procesos de enseñanza y el segundo es un enfoque totalmente pedagógico, ya que también deben evaluar desde el punto de vista pedagógico-didáctico cómo las TIC pueden ampliar las posibilidades de aprendizaje de los alumnos. Es en esta segunda dimensión donde se encuentra el mayor desafío, autores como Svensson y Baelo (2015) señalan que, dentro de los programas de formación docente:

hay más actividades en relación con la adquisición de habilidades técnicas (ser capaz de utilizar las TIC) que las actividades de aprendizaje en relación con cómo mejorar el uso pedagógico de estos recursos tecnológicos (cómo utilizar las TIC para promover el aprendizaje, integrar las TIC en nuestras metodologías) o promover actitudes positivas hacia el desarrollo de lo que llamamos competencia digital. (p.1529)

Por lo anterior, se rescata como una necesidad imperante el envolver a los estudiantes de la facultad de pedagogía en experiencias de aprendizaje que apoyen el desarrollo de sus competencias digitales. Tal como menciona Eurydice (2001), las Tecnologías de la Información y de la Comunicación se han convertido en herramientas útiles en el ámbito educativo y, por lo tanto, es importante contar con docentes que posean el rol de mediador y guía en el uso de herramientas digitales dentro del proceso de enseñanza y aprendizaje de sus estudiantes.

Importancia de recursos didácticos digitales

Los materiales didácticos juegan un papel central en la enseñanza y el aprendizaje, ya que apoyan en la adquisición de un conocimiento, refuerzan un aprendizaje, desarrollan una determinada competencia y evalúan conocimientos. Esta afirmación nos muestra dos

propiedades relevantes de los materiales didácticos dentro de la formación docente, que son una parte primordial del proceso de enseñanza-aprendizaje y están sujetos a quienes los utilizan: profesor y alumnos (Palomino & Rangel, 2015).

Dentro de todos los recursos que podemos encontrar en los medios digitales, se denominan recursos didácticos digitales a aquellos cuyo diseño implica un objetivo pedagógico, por lo que llevan una intencionalidad educativa y su diseño se deriva de características didácticas propias del aprendizaje al cual apoyará.

De acuerdo con Zapata (2012), los recursos didácticos digitales son materiales compuestos por medios digitales y producidos para facilitar el desarrollo de actividades de aprendizaje. Sin embargo, a pesar de todas las ventajas que ofrece la incorporación de estos materiales, para los profesores representa un gran desafío desarrollar recursos nuevos; además, la tarea de elegir y adaptar los recursos existentes es un trabajo periódico y constante. En consecuencia, es importante que los docentes tomen conciencia de ello, comprendan el porqué y desarrollen medios eficientes para realizar esta actividad inherente a la profesión.

¿Qué conocemos de los objetos de aprendizaje?

Los objetos de aprendizaje son materiales elaborados, generalmente, con fines educativos con características propias que los distinguen de otros recursos educativos encontrados en Internet. Entre sus características se encuentran que deben ser flexibles, adaptables, durables, reutilizables, modulares y deben contener metadatos.

De acuerdo con Callejas et al. (2011), “El término Objeto de Aprendizaje fue nombrado por primera vez en 1992 por Wayne, quien asoció los bloques LEGO con bloques de aprendizaje normalizados, con fines de reutilización en procesos educativos” (p.177). Desde esa perspectiva, los objetos de aprendizaje no necesitan ser digitales, se podría entender como cualquier recurso didáctico que tuviera la flexibilidad para reutilizarse en otros ámbitos o bajo otras condiciones. Por su parte, “el Learning Technology Standards Committee de IEEE lo define como una entidad, digital o no digital, que puede ser usada para aprendizaje, educación o entrenamiento” (Rosanigo et al., 2008, p.1).

Desde el punto de vista digital se puede encontrar que “Los objetos de aprendizaje son una tecnología instruccional [...] basada en el paradigma de cómputo orientado a objetos, el cual se refiere a crear componentes o módulos que puedan ser reutilizables en otros programas” (Ecured, s.f., p.1).

Según los expertos, los objetos de aprendizaje deben estar enfocados en un aprendizaje específico y concreto. Además, debe incluir dentro de su contenido, actividades y evaluaciones, generalmente con retroalimentación para que el usuario pueda tener claro sus avances en el uso del objeto.

Otras características que también incluyen los objetos de aprendizaje es su capacidad de ser autocontenibles, reusables y la integración de metadatos para su identificación.

Los “metadatos” son una parte importante de los Objetos de Aprendizaje debido a que proporcionan un resumen corto de información de su contenido, facilitando su búsqueda y localización en un repositorio. Se necesita que los metadatos estén asociados al Objeto de Aprendizaje y no se pierdan al descargar el Objeto de Aprendizaje. (Maldonado et al., 2017, p.11)

Diferencia entre objetos de aprendizajes y recursos digitales

De acuerdo con la Universidad Distrital Francisco José de Caldas (s.f.), independientemente del contexto, un recurso digital puede ser cualquier elemento que esté en formato digital, codificado y almacenado en una computadora y pueda ser consultado o visualizado de manera remota. Existen muchos ejemplos de recursos digitales, desde una sola imagen o archivo de texto hasta libros electrónicos, simuladores o sistemas enteros de información. Algunos de estos recursos pueden ser de utilidad para el aprendizaje si se utilizan como apoyo dentro de un proceso de enseñanza, sin embargo, un recurso digital no es necesariamente creado con fines educativos.

Podemos deducir que un objeto virtual de aprendizaje (OVA) se diferencia de los OA por su formato digital; es más que un recurso digital por su carácter educativo. Ramírez y Valenzuela (2010) los define de la siguiente manera:

Entidades digitalizadas encaminadas a lograr el aprendizaje de una competencia, que se configuran didácticamente con objetivos, metodología, contenidos, evaluación, con recursos abiertos (con materiales abiertos que se encuentran con los términos legales para ser usados libremente, con el permiso legal de sus (autores) que se sustentan en las propiedades de reusabilidad, subjetividad, historicidad, comunicabilidad, integralidad, y que se encuentran registrados para el dominio público, liberados bajo un esquema de licenciamiento que protege la propiedad intelectual y permite su libre uso y reúso para la enseñanza, el aprendizaje y la investigación. (p.4)

Los OVA son materiales mucho más complejos y deberían contar con algunas características para que sea fácil distinguirlos de otros recursos didácticos. A continuación, se presentan algunas características básicas que deben tener según Acuña (2017):

- *Reutilización*: ser usado en contextos y propósitos educativos diferentes, adaptarse y combinarse dentro de nuevas secuencias formativas.
- *Flexibilidad, versatilidad y funcionalidad*: poder agruparse y combinarse con otras áreas del saber.
- *Interoperabilidad*: integrarse en estructuras y sistemas (plataformas) diferentes.
- *Durabilidad*: vigente con la actualidad y miras hacia el futuro. Además, debe permitir su evolución en el tiempo.
- *Accesibilidad*: disponibles y estar diseñados para ser usados por la mayor cantidad de personas. (Acuña, 2017, s.p.)

De la misma manera, existen propuestas de estructuras para construir OVA, de las cuales podemos seleccionar cuatro elementos comunes que se deben considerar en su diseño:

1. Objetivos claros y alcanzables dentro del material que se diseña.
2. Contenido de fácil entendimiento, adecuado para la edad o nivel educativo para la que se hizo el OVA.
3. Actividades de aprendizaje que permitan la práctica y fortalecimiento de los conocimientos adquiridos.
4. Sección de evaluación o autoevaluación que permita que el estudiante pueda medir su aprendizaje.

Otros aspectos por considerar en el diseño son los colores, la tipografía, y la calidad de las imágenes o gráficos a utilizar, buscando establecer un ambiente agradable para mantener la concentración e interés del usuario, así como una navegación fácil e intuitiva para su uso.

El uso de eXeLearning como herramienta para el diseño de objetos de aprendizaje

eXeLearning es un programa de libre acceso que permite el diseño de materiales con fines educativos de manera fácil y comprensible.

Es una herramienta de código abierto (open source) que facilita la creación de contenidos educativos sin necesidad de ser experto en HTML o XML. Se trata de una aplicación multiplataforma que nos permite la utilización de árboles de contenido, elementos multimedia, actividades interactivas de autoevaluación... facilitando la exportación del contenido generado a múltiples formatos: HTML, SCORM, IMS, etc. (Monje, s.f. párr.1)

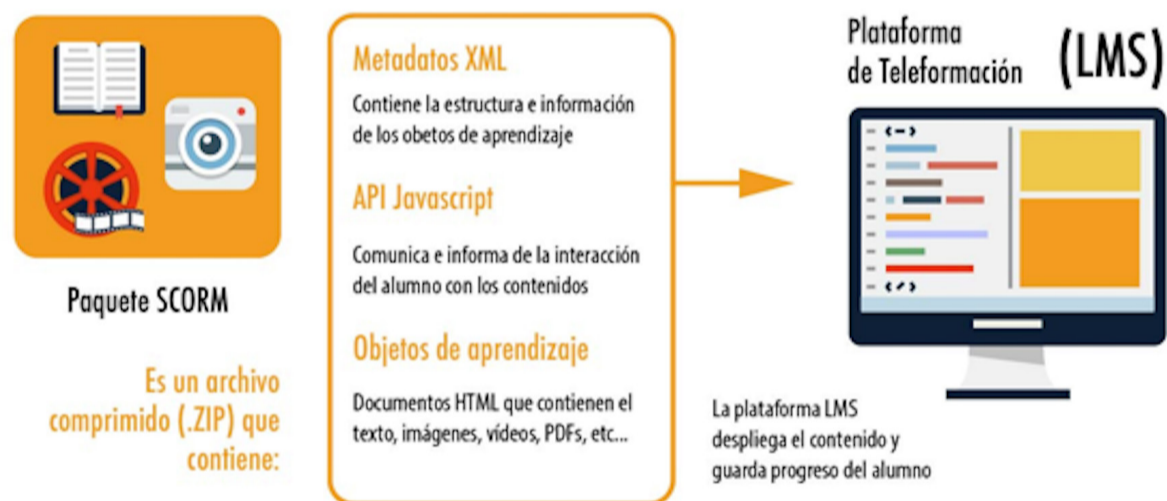
La importancia de estos formatos se debe a la capacidad que brindan para poder ser alojados en repositorios para su distribución, acceso y uso por Internet.

El formato HyperText Markup Language (HTML) es un contenido abierto de los más comunes que permite una navegación a partir de etiquetas que ordenan contenidos, además permite el uso de códigos conocidos como scripts que brindan instrucciones a los navegadores. “Este lenguaje fue desarrollado por la Organización Europea de Investigación Nuclear (CERN) en el año 1945 con la finalidad de desarrollar un sistema de almacenamiento donde las cosas no se perdieran, que pudieran ser conectadas a través de hipervínculos” (Pérez & Gardey, 2008, párr.9).

La iniciativa Advanced Distributed Learning (ADL), como parte de un proyecto para el desarrollo de herramientas de aprendizaje, creó Sharable Content Object Reference Model (SCORM) “para cumplir las siguientes premisas básicas: Interoperabilidad (interacción con la plataforma), Portabilidad, Reutilización y Secuenciación” (Lorenzo, s.f., párr.10). En la figura 1 se muestra el funcionamiento de un paquete SCORM.

Figura 1

Cómo funciona un paquete SCORM



Nota: Tomado de Lorenzo, (s.f.).

El IP Multimedia Subsystem (IMS) trabaja especificaciones para servicios multimedia a través del protocolo IP. Se considera estático, ya que no permite dar seguimiento en caso de actividades tipo preguntas-respuestas ni brinda calificaciones como es el caso de otros paquetes.

“El IMS Content Packaging, en su versión 1.2 de 2009, fue creado por IMS Global Learning Consortium, entidad formada por más de 190 organismos del campo de la educación, para establecer estándares de contenidos de eLearning” (Lorenzo, s.f., párr.12).

De acuerdo con Merayo (s.f.), el proyecto eXeLearning nació en el 2007 como una propuesta de la Comisión de Educación Superior del Gobierno de Nueva Zelanda, coordinado por la Universidad Tecnológica de Auckland y la Universidad Politécnica de Tairāwhiti, además de un grupo internacional de colaboradores que buscaban crear herramientas de código abierto con fines educativos y de investigación.

eXeLearning ofrece un espacio de trabajo con cuatro secciones: estructura, menú principal, iDevices, y área de trabajo. En la primera sección se pueden generar índices de los contenidos; en la segunda se pueden gestionar los archivos, la impresión, la exportación, los estilos, entre otras; en la tercera se ofrecen opciones para realizar actividades de lectura, desplegables, aplicaciones con java, inserción de artículos de Wikipedia, elaboración de caso práctico, lo cual proporciona variedad en el diseño y enriquece las posibilidades que tiene el usuario final para su aprendizaje con el uso del objeto; y, por último, en la cuarta sección se muestran los contenidos creados y se incluye la sección de metadatos. En la figura 2 se puede observar la distribución de las cuatro secciones.

Figura 2

Espacio de trabajo de eXeLearning



Nota: Tomado de Monje, (s.f.).

El programa cuenta con la posibilidad de ser instalado en sistemas operativos de Windows, Mac OS X, Linux, con una descarga gratuita desde su portal y otras comunidades de apoyo. Además, cuenta con versiones actualizadas de manuales y tutoriales que orientan su instalación y uso.

Todas estas características permiten que eXeLearning sea una herramienta muy completa para el diseño de objetos de aprendizaje ya que, además de su simplicidad de manejo, brinda varias opciones para un diseño adecuado de contenidos y formatos de exportación compatibles con las plataformas LMS o sitios Web, por lo que se puede alojar fácilmente para su acceso y uso.

Metodología de diseño en clase

Descripción de grupos y perfil de alumnos

La asignatura Diseño de Objetos de Aprendizaje se imparte en el último ciclo escolar a los alumnos de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa (FPIE) de la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), candidatos a egresar que están finalizando la etapa terminal de su programa educativo. Estos grupos suelen ser poco numerosos, contando con alrededor de 15 estudiantes por grupo y se ofertan tres grupos por ciclo escolar a partir del año 2017.

Con relación al perfil de los estudiantes se puede mencionar que, en esa etapa, ya tienen una fuerte experiencia en el uso de recursos didácticos, sus competencias digitales se desarrollaron para convertirlos en profesores de educación básica capaces de crear sus propios contenidos y recursos de enseñanza. Sin embargo, mucha de esa experiencia se limita a recursos de presentación o comunicación, siendo los de propiedades interactivas los de menor uso dentro de la comunidad universitaria de la FPIE.

Programas educativos involucrados

La FPIE oferta tres programas educativos a nivel licenciatura o pregrado: Licenciatura en Asesoría Psicopedagógica, Licenciatura en Docencia de la Matemática y Licenciatura en Docencia de la Lengua y Literatura. Para cada programa se oferta un grupo de la materia Diseño de OA; la asignatura es de carácter optativo, es decir, los estudiantes no están obligados a cursarla. Aun cuando es una asignatura ofertada para todos los estudiantes de último semestre, los grupos siempre se componen de estudiantes del mismo programa educativo debido a las complejidades administrativas que presentan los sistemas informáticos de servicios estudiantiles y gestión escolar.

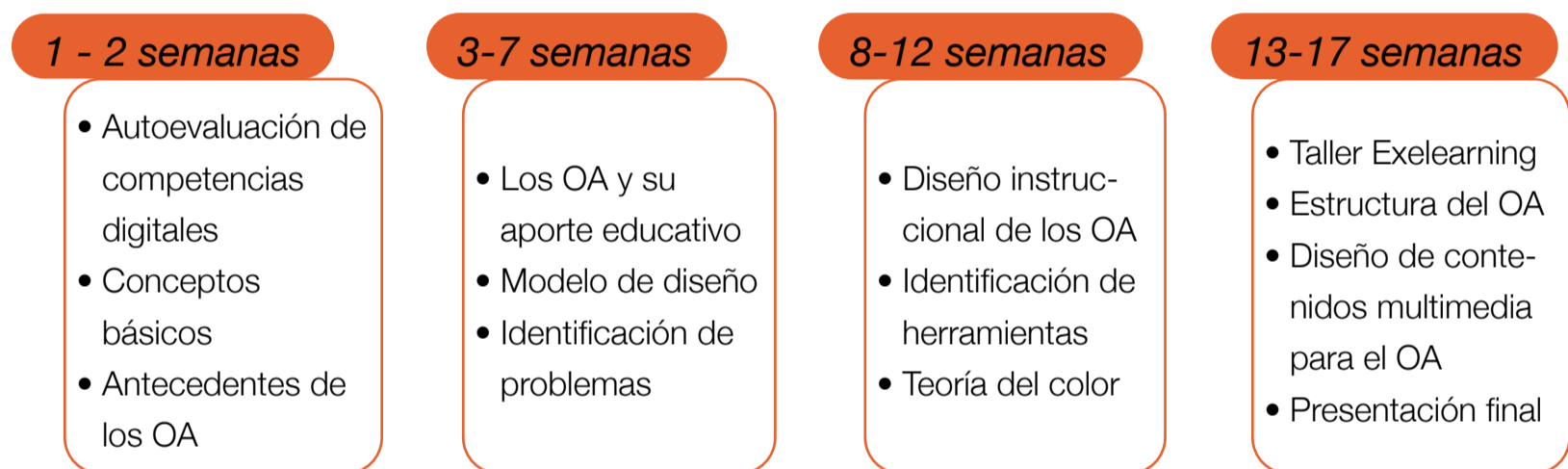
Los tres programas de la FPIE comparten espacios físicos, por lo que las condiciones de infraestructura son las mismas para todos los grupos, se cuentan con aulas para grupos de 25 a 35 personas, equipadas con pizarrón electrónico, proyector digital y periféricos multimedia, así como con un laboratorio de cómputo con capacidad para facilitar de forma temporal equipo de cómputo portátil a los alumnos.

Proceso de diseño

La asignatura se imparte en modalidad semipresencial, esto permite que la mitad de las sesiones puedan llevarse a cabo de manera virtual utilizando un sistema de administración del aprendizaje (SAA); en la UABC se tienen dos opciones, Blackboard o Google Classroom. Esta modalidad facilita una dinámica de taller y el uso del enfoque de aula invertida, donde se realiza una demostración de la actividad en el salón de clases y el estudiante debe realizar lo propio en casa utilizando los recursos de apoyo y el diseño instruccional que previamente se compartió en la plataforma SAA. En la figura 3 se presenta un esquema con la síntesis del contenido y el trabajo de la asignatura.

Figura 3

Proceso de diseño de un objeto de aprendizaje



Nota: Elaboración propia.

Primeras sesiones

La primera preocupación que surge es conocer las diferencias entre las habilidades digitales de los estudiantes, con el fin de tener información para la integración de equipos de trabajo, así como para establecer el nivel y el tiempo de dedicación de las sesiones destinadas a conocer las herramientas a utilizar.

Lo siguiente es mostrar y establecer conceptos y definiciones pertinentes a los materiales o recursos dentro del proceso enseñanza-aprendizaje, así como un análisis bibliométrico a la literatura sobre OA.

Importancia del problema

En la segunda etapa de la asignatura se abordan ejemplos de OA, resaltando los resultados positivos que ofrecen, así como los beneficios para los estudiantes que los utilizan, sobre todo en niveles educativos básicos. Se revisan modelos de diseño y las estructuras

que estos proponen para los OA, y se enfatiza en la identificación de las problemáticas, con la premisa de que los objetos diseñados dentro de la asignatura deben ayudar a resolver un problema de aprendizaje que quedará explícito en el objetivo.

Diseño y herramientas

Antes de iniciar trabajos en eXeLearning, los alumnos son sometidos a prácticas para identificar tres preguntas en diseños instruccionales hechos por terceros, estas son: ¿Qué aprenderé?, ¿Cómo lo aprenderé? y ¿Cómo sabré que lo aprendí?, con la finalidad de que las incorporen como preguntas guía en sus propios diseños.

Al finalizar esta etapa se presentan diversas herramientas con las que podrían desarrollar contenidos para incorporarlos a su OA, así como información para la toma de decisiones respecto al diseño, desde la elección de colores hasta la tipografía de acuerdo con el público a quien va dirigido.

Desarrollo de contenidos e integración

Las últimas semanas se dedican a trabajo de taller con eXeLearning, ya que es la plataforma donde se integran los contenidos; pero los estudiantes deben utilizar otras herramientas o servicios para la creación de elementos multimedia, imágenes, mapas y cualquier otro contenido que no sea posible generar en eXeLearning. Al finalizar el proceso, los equipos de trabajo presentan frente al grupo el resultado final de su objeto de aprendizaje.

Objetos de Aprendizaje resultantes

Dentro de la facultad de Pedagogía e Innovación Educativa en Mexicali, se imparte la asignatura de Diseño de Objetos de Aprendizaje que tiene como objetivo:

que los estudiantes vayan creando sus propios Objetos de Aprendizaje con los que logren profundizar, sistematizar y aplicar los fundamentos teóricos, didácticos, metodológicos que ayuden a un mejor desarrollo de habilidades del aprendizaje y del pensamiento crítico, logrando un mejor diseño y perfeccionamiento constante del proceso enseñanza–aprendizaje, todo ello sustentado en el conocimiento de la disciplina, en las Tecnologías de la Información y de la Comunicación. (Hernández & Espinosa, 2014, p.1009)

Por tal razón, algunos de los docentes que impartimos la asignatura, hemos buscado el apoyo de herramientas de libre acceso con el fin de que los alumnos, futuros docentes de educación media, tengan a la mano herramientas sin costo que les ofrezcan las mismas posibilidades de algún software de pago por licencia, para que esto no se

convierta en una limitante para la producción de materiales que puedan requerir para el apoyo del aprendizaje de sus alumnos.

Para la realización de los objetos de aprendizaje, hemos promovido en vinculación con algunas instituciones de educación media superior la realización de materiales que los alumnos identifiquen como áreas de oportunidad, según los resultados de las pruebas de Evaluación Nacional de Logros Académicos en Centros Escolares “Enlace” o en otras evaluaciones realizadas a los estudiantes de nivel primario o secundario, con el fin de apoyar en la generación de contenidos didácticos que puedan servir para reforzar conocimientos desarrollados en clase.

Los alumnos siguen un diseño instruccional básico que incluye en su contenido la descripción y explicación del tema seleccionado con explicaciones claras, cortas y con apoyo de elementos visuales como imágenes y videos, además del texto; una o dos actividades para práctica del usuario final con retroalimentación y una sección de autoevaluación final que permita identificar de manera inmediata la comprensión del tema tratado. A la fecha se ha utilizado eXeLearning para elaborar más de 100 objetos de aprendizaje con diversas temáticas, diferentes grupos y generaciones. En las figuras 4, 5, 6 y 7, se muestran ejemplos de materiales desarrollados con los temas de “Fluidez Verbal” y “Lluvia de ideas” de un grupo de alumnos de la generación 2016.

Figura 4

Ejemplo de objeto de aprendizaje Fluidez Verbal con eXeLearning



Nota: Realizado por los alumnos Elizabeth Cabrera, Silvia González y Luis Manuel Quintero (2016).

Figura 5

Fluidez verbal. Sección Actividad interactiva

The screenshot shows a web interface for a diagnostic activity. On the left is a navigation menu with options: INICIO, OBJETIVO DE APRENDIZAJE, FLUIDEZ VERBAL, Diagnóstico (selected), Juego de Fluidez, Bibliografía, and Créditos. The main content area is titled 'Diagnóstico' and contains 'Actividad #1'. The activity instruction is 'Completa la siguiente serie de refranes:'. Below this are ten numbered sentences with blank spaces for words. At the bottom right of the activity area are two cartoon characters and a 'Refranes' speech bubble. Navigation buttons 'Anterior' and 'Siguiente' are at the bottom center.

Actividad #1

Completa la siguiente serie de refranes:

1. _____ que se duerme se lo lleva la _____ .
2. _____ que _____ no muerde.
3. Agua que no _____ de beber, _____ correr.
4. Botellita de _____ , todo lo que me digas _____ al _____ .
5. Dando y _____ , pajarito _____ .
6. El que con _____ , a _____ se _____ .
7. _____ , más chico que un _____ ; así de _____ produce _____ .
8. Dime de qué _____ y te diré de qué _____ .
9. _____ que nace _____ , jamás su _____ endereza.
10. El que a _____ se arrima buena _____ le acobija.

Enviar

« Anterior Siguiente »

Nota: Realizado por los alumnos Elizabeth Cabrera, Silvia González y Luis Manuel Quintero (2016).

Figura 6

Ejemplo de objeto de aprendizaje Lluvia de ideas con eXeLearning

The screenshot shows an eXeLearning object of learning. On the left is a navigation menu with options: LLUVIA DE IDEAS (selected), INICIO, DEFINICIÓN, FASES, ACTIVIDADES, and AUTOEVALUACIÓN. The main content area is titled 'LLUVIA DE IDEAS' and features a central graphic. The graphic shows a group of hands holding various items like a lightbulb, a tablet, a smartphone, and a notebook. The words 'IDEA', 'COLLABORATE!', 'PLAN', and 'ACTION' are scattered around. Below the graphic is the text 'LLUVIA DE IDEAS' and a quote: '"La mejor manera de tener una idea es tener muchas ideas". - Linus Pauling'. At the bottom, it says 'Obra publicada con Licencia Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual 4.0'. Navigation buttons 'Menú' and 'Siguiente' are at the top right, and 'Siguiente' is at the bottom right.

LLUVIA DE IDEAS

LLUVIA DE IDEAS

IDEA

COLLABORATE!

PLAN

ACTION

LLUVIA DE IDEAS

"La mejor manera de tener una idea es tener muchas ideas". - Linus Pauling

Obra publicada con Licencia Creative Commons Reconocimiento Compartir Igual 4.0

Siguiente »

Nota: Realizado por los alumnos Elizabeth Cabrera, Silvia González y Luis Manuel Quintero (2016).

Figura 7

Lluvia de ideas. Sección de Actividad interactiva

LLUVIA DE IDEAS

- INICIO
- DEFINICIÓN
- FASES
- ACTIVIDADES**
- AUTOEVALUACIÓN

ACTIVIDADES

? VERDADERO - FALSO

Lee detenidamente cada uno de los reactivos e identifica cual de ellos es el correcto y cual es incorrecto.

La lluvia de ideas es una técnica sencilla y su momento cúlmine se da en la eficacia de la aplicación, en el seguimiento de sus pasos.

Sugerencia

Verdadero Falso

El éxito de la sesión se debe al trabajo en individual

Sugerencia

Verdadero Falso

Para la aplicación de la lluvia de ideas se necesitan muchos materiales

Sugerencia

Verdadero Falso

Se evita hacer juicios sobre las opiniones e ideas de los demás

Sugerencia

Verdadero Falso

No son necesarias las aportaciones de los participantes

Sugerencia

Verdadero Falso

El número de participantes es limitado

Sugerencia

Verdadero Falso

Los participantes deben tener una buena actitud

Sugerencia

Verdadero Falso

Es necesario nombrar un coordinador y un secretario para agilizar el proceso

Sugerencia

Verdadero Falso

Nota: Realizado por los alumnos Dulce María Andrade Ruelas, Paloma Uribe Félix y Yéssica Vargas Reyes (2016).

Reflexiones finales

La asignatura Diseño de Objetos de Aprendizaje, además de apoyar en la formación del perfil de egreso de los estudiantes de la facultad, a través del desarrollo de la competencia en el manejo y uso de tecnologías de información y comunicación para procesos de enseñanza-aprendizaje, tiene como finalidad que los estudiantes diseñen OA para asignaturas de su especialidad en el nivel de educación básica y media superior, aprovechando software, programas y herramientas en línea, para integrar a los requerimientos didácticos, proporcionando la independencia cognoscitiva y un aprendizaje consciente de sus alumnos al desarrollar habilidades para el tratamiento de cada tema, con una actitud creativa, innovadora, con disposición para el trabajo en equipo y con carácter responsable.

Partiendo de lo anterior y de los objetos de aprendizaje obtenidos, la experiencia con los estudiantes es más que satisfactoria, los alumnos logran el diseño y construcción de materiales complejos utilizando el programa eXeLearning, que les permitirá seguir trabajando en futuros diseños por su carácter abierto y gratuito.

Actualmente existe software libre en diferentes ámbitos y áreas de conocimiento, por ejemplo, programas de astronomía, matemáticas, diseño, educación, entre otras, que beneficia a los estudiantes y futuros docentes, y a los cuales tienen acceso desde su formación académica y que pueden adoptar y adaptar según sus necesidades.

El software libre puede convertirse en una herramienta poderosa para cualquier profesionalista desde su formación académica y en su práctica profesional sin realizar inversiones significativas en cuanto a tiempo y dinero; la aceptación y desarrollo que han tenido este tipo de programas a la fecha ha sido muestra de ello, por esa razón podemos seguir implementando su uso en las nuevas generaciones que se encuentren en formación.

Referencias

- Acuña, M. (2017). Objetos Virtuales de Aprendizajes en línea. *EvirtualPlus*. <https://www.evirtualplus.com/objetos-virtuales-de-aprendizajes-linea/>
- Callejas, M., Hernández, E.J., & Pinzón, J.N. (2011). Objetos de aprendizaje, un estado del arte. *Entramado*, 7(1), 176-189. https://www.researchgate.net/publication/277269656_Objeto_de_aprendizaje_un_estado_del_arte/link/5908942ca6fdcc496162d6a9/download
- Ecured (s/f). *Objeto de Aprendizaje*. https://www.ecured.cu/Objeto_de_Aprendizaje
- Eurydice (2001). *Indicadores básicos de la incorporación de las TIC a los sistemas educativos europeos —Hechos y cifras— Informe anual 2000/01*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte.
- García-Pérez, R., Santos-Delgado, J., & Buzón-García, O. (2016). Virtual empathy as digital competence in education 3.0. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 13(1), 30. <https://doi.10.1186/s41239-016-0029-7>
- Hernández, L., & Espinosa, A. (2014). *Diseño de Objeto de Aprendizajes*. Licenciatura en asesoría psicopedagógica. Plan de estudios. http://pedagogia.mxl.uabc.mx/ofertaE/mapas_curriculares/2014-2/Version_Final_Programa_LAP_2014-2.pdf
- Krumsvik, R. (2014). Teacher Educators' Digital Competence. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 58(3), 269-280. <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00313831.2012.726273>
- Lorenzo, F. (s/f). SCORM, XAPI, IMS... poniendo orden a los estándares de contenidos e-learning. *Aprendiendo en la nube*. <https://aprendiendoenlanube.com/estandares-de-contenidos-de-elearning/>

- Lund, A., & Erikson, T. (2016). Teacher Education as Transformation: Some Lessons Learned from a Center for Excellence in Education. *Acta Didactica Norge*, 10(2), 53-72. <https://journals.uio.no/adno/article/view/2483/2458>
- Maldonado, J., Bermeo, J., & Vélez, F. (2017). *Diseño, creación y evaluación de Objetos de Aprendizaje. Metodología dicrevoa 2.0*. Universidad de Cuenca/Red Nacional de Investigación y Educación del Ecuador. https://www.cedia.edu.ec/dmdocuments/publicaciones/Libros/OA_dicrevoa_07abril2017.pdf
- Merayo, P. (s/f). Qué es eXeLearning y para qué sirve. *Máxima Formación*. <https://www.maximaformacion.es/e-learn/que-es-exelearning-y-para-que-sirve/>
- Monje, A. (s.f.). ¿Qué es eXeLearning? *Tutorial, manual de eXeLearning*. <https://www.edu.xunta.gal/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1384334161/contido/index.html>
- Palomino, M., & Rangel, J. (2015). Metodología para el desarrollo de materiales educativos audiovisuales basados en estilos de aprendizaje. *Enl@ce: Revista Venezolana de Información Tecnología y Conocimiento*, 12(2), 79-95.
- Pérez, J., & Gardey, A. (2008). Definición de HTML. <https://definicion.de/html/#:~:text=HTML%20es%20un%20lenguaje%20de,Formato%20de%20Documentos%20para%20Hipertexto>
- Ramírez, M., & Valenzuela, J. (2010). *Objetos de aprendizaje abiertos orientados a desarrollar competencias docentes para la Sociedad del Conocimiento*. Ponencia presentada en Edutec 2010 “E-learning 2.0: Enseñar y Aprender en la Sociedad del Conocimiento”, Bilbao, España.
- Rosanigo, Z.B., Saenz, M.S, & Bianchi, G.S. (2008). *Diseño de objetos de aprendizaje*. III Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, Red de Universidades con Carreras en Informática (RedUNCI). <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/19081>
- Svensson, M., & Baelo, R. (2015). Teacher students’ perceptions of their digital competence. *Procedia. Social and Behavioral Sciences*, 180, 1527-1534. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1877042815016481/pdf?md5=431d1edef8b651b312cdb153b95f2d13&pid=1-s2.0-S1877042815016481-main.pdf&_valck=1
- Universidad Distrital Francisco José de Caldas (s.f). ¿Qué es un Recurso Educativo Digital? *Proyecto Académico Educación en Tecnología*. <http://www1.udistrital.edu.co:8080/es/web/proyecto-academico-educacion-en-tecnologia/recursos-educativos-digitales>
- Zapata, M. (2012). Recursos educativos digitales: conceptos básicos. *Programa Integración de Tecnologías a la Docencia*, Universidad de Antioquia. http://cedese.org/virtual/pluginfile.php/7178/mod_resource/content/1/Recursos%20educativos%20digitales%20y%20Entornos%20de%20aprendizaje%20virtuales.pdf

Capítulo 2

Análisis de datos cualitativos para la investigación social mediante software libre

Ernesto Israel Santillán-Anguiano y Emilia Cristina González-Machado

Cuando se habla de investigación asociada a una práctica científica, se debe tomar en cuenta que el término en sí mismo proviene del latín *investigatio*, compuesto por el prefijo *in* (hacia adentro), *vestigium* (huella, resto) y *cion* (acción), por lo que puede entenderse en primera instancia que la investigación se refiere a seguir la huella de alguien, buscar un vestigio o una pista. De esta manera, puede inferirse que la práctica investigativa es una vía para acceder al conocimiento a través del seguimiento o el trabajo de forma sistemática, mediante un método (Parada, 2018). Esto nos lleva a una segunda definición importante para el presente trabajo, que es la de método, la cual procede del griego *methodos*; unión de *meta* (más allá o fuera) y *hodos* (camino o viaje), de esta forma cuando se habla de método se intenta describir la planeación o preparativos para el viaje.

Para Aguilera (2013), los métodos de investigación pueden ser definidos como un conjunto sistematizados de procedimientos que posibilitan revelar y explicar una verdad. Los métodos son útiles en la medida que organizan un problema de investigación, y tienden a aprehender la realidad. Los métodos permiten facilitar la complejidad al distinguir aquellos elementos con mayor significado para su formulación conceptual. La aplicación del método no es posible sin la participación del sujeto cognoscente, el cual le brinda una valoración al objeto investigado. Por otro lado, cuando se habla de *metodología* se hace énfasis en el *logos*, que es la conducción hacia el estudio lógico de los métodos, los cuales son fruto de su contexto, de la historia, y de la cultura. La metodología se encuentra orientada al estudio de los elementos de cada método y valora la capacidad de estos en los distintos campos del conocimiento.



La tradición de la investigación cualitativa

Tres grandes acontecimientos que tuvieron un impacto directo en el desarrollo de la ciencia acontecieron en el siglo XIX: 1) el nacimiento de la termodinámica en 1811 y el principio de entropía; 2) el desarrollo de la biología influenciado por los trabajos de Darwin en 1859 y el principio de evolución y temporalidad; y, finalmente, 3) el surgimiento de la química en 1871, y como consecuencia el desarrollo de la teoría de conjuntos en matemáticas entre 1874 y 1884 (Maldonado, 2016). Este proceso fue desarrollándose a la par del divorcio entre la filosofía y la ciencia en pos de la búsqueda de la verdad. Es a finales del siglo XIX cuando la historia, la economía, la política y la sociología inician su consolidación en Europa, para posteriormente desplegarse hacia Estados Unidos (Wallerstein, 1997). El proceso de consolidación de las ciencias sociales no estuvo exento de la apropiación, sustentación y legitimación del capitalismo como sistema económico. Las ciencias sociales se aproximaron al método científico como resultado de la modernización del pensamiento alemán del siglo XIX, fue durante el periodo entre 1850 y 1914 que inició la demarcación disciplinar que afectó a las cuatro disciplinas sociales (Jiménez & Torres, 2006).

Durante el siglo XIX, el éxito e influencia que acompañó a los trabajos de Newton implicó que quienes observaban los fenómenos sociales y quisieran investigarlos, intentaran descubrir los principios de la dinámica social (Gaeta, 2012). Por lo general, se asume que esta primera visión sobre el pensamiento social se debe en gran medida a Saint Simon y Comte, y es identificada bajo el título de positivismo. Este conjunto de ideas se mantiene vigente en la actualidad y se basa en cuatro premisas básicas: 1) la construcción de un objeto de estudio ajeno, observable y capaz de ser estudiado y teorizado mediante el recorte de ciertos elementos de carácter significativo; 2) los cambios en la sociedad son independientes de las intenciones individuales; 3) la concepción de una sucesión de etapas entre crisis y equilibrio, que permite la reorganización social; y 4) la principal vía de difusión de las ideas positivistas recae en la educación y la información (Fernández, 2008).

Por otra parte, la investigación cualitativa se puede entender como un enfoque asociado a la interpretación y significados del mundo que realizan los investigadores. Cuando se habla de datos cualitativos, estos se distinguen a partir de un enfoque pospositivista y se diferencian de los datos cuantitativos mediante un marcador más arbitrario que concreto (Coffey & Atkinson, 2003). La ruptura epistemológica entre la metodología cualitativa y el positivismo como paradigma, se refiere al tono y la forma mediante los cuales se acerca al conocimiento y se construye (Ruedas, Ríos, & Nieves, 2007). Para Martínez (2006), el problema que ronda la investigación social, en especial aquella identificada con el análisis cualitativo, es de corte epistemológico. La ciencia y el quehacer científico desde perspectivas posmodernistas, posestructuralistas, construccionistas o deconstruccionistas han enfrentado desde los años cincuenta del siglo XX una lucha por su reconocimiento y

la consideración de sus resultados. El debate tiene su fundamento en el posicionamiento de los investigadores cualitativos respecto a considerar que la ciencia como forma de conocer la realidad es una construcción social. La interpretación que se hace del mundo y por lo tanto las representaciones de la ciencia, no pueden abstraerse del imaginario dominante (Vasilachis, 2009).

El origen de la investigación cualitativa puede ser identificado al finalizar el siglo XIX, en un momento donde la sociología y la antropología como disciplinas, comienzan a tomar en cuenta los datos provenientes del campo. Al mismo tiempo, la etnografía toma relevancia en el campo de la ciencia al vincular el trabajo de las investigaciones con el contexto que pretende estudiar (Cotán, 2016). Para Denzin y Lincoln (2011), el desarrollo de la investigación cualitativa puede describirse en ocho momentos que se interponen, pero que adquieren su propia dinámica de género, estilo, epistemología, política, estética y ética de la investigación: 1) el periodo tradicional que se desarrolla entre 1900 y 1950; 2) el modernista de 1950 a 1970; 3) el desdibujamiento de géneros a partir de 1970 hasta 1986; 4) la crisis de representación de 1986 a 1990; 5) el posmodernismo que inicia en 1990 y termina en 1995; 6) la investigación posexperimental entre 1995 y 2000; 7) las luchas metodológicas en el periodo del 2000 al 2004; y, finalmente, 8) el futuro fracturado desde 2005 a la actualidad.

Para Flick (2013), la investigación cualitativa es más que solo “investigación no cuantitativa”, se refiere a una diversidad de enfoques metodológicos que mantienen algunas características comunes como son el análisis de experiencias individuales y colectivas, la investigación de interacciones y el análisis de documentos resultado de dichas interacciones. El presente trabajo se centra fundamentalmente en el análisis del discurso, aun cuando técnicamente se aborda a partir del escrutinio de textos producto de entrevistas individuales y colectivas. El objetivo es identificar el uso del lenguaje en ciertos contextos, bajo el criterio de desmitificar su supuesta neutralidad. El análisis del discurso busca identificar los significados del mundo construido a partir del lenguaje (Rapley, 2014).

Herramientas CAQDAS y el uso de software libre

A partir de la década de los noventa del siglo XX, se multiplicó el desarrollo de programas de computadora para el manejo de datos cualitativos. Sin embargo, su gestión aparece en la década de los sesenta, hasta su desarrollo y masificación en los años ochenta. La especialización evolucionó del manejo de archivos de texto simple hasta la manipulación de datos en audio, imágenes o video (Cope, 2014). El uso de software particular para analizar datos de tipo cualitativo es comúnmente abreviado como CAQDAS-*Computer Assisted Qualitative Data Analysis Software* o en su traducción al español como Software de Análisis Cualitativo de Datos Asistido por Computadora. El CAQDAS es utilizado para

el manejo de datos de tipo cualitativo, tan variados como pueden ser: entrevistas, diarios de campo, documentos, registros de observación o grupos focales (Kuckartz, 2011). Aun cuando el análisis cualitativo no requiere el manejo de software especializado, pues se asume que su fortaleza se encuentra en el soporte filosófico y teórico de quien realiza la investigación, el manejo de herramientas puede facilitar la tarea. En el caso específico del análisis cualitativo asistido por computadora, este encuentra menos uso que su contraparte cuantitativa como es el caso de los paquetes estadísticos (Silver & Rivers, 2015).

El análisis de datos asistido por computadora se basa principalmente en la generación de categorías y códigos. Para realizar un análisis con base en categorías se encuentran distintos modelos que describen el proceso desde la recopilación de datos hasta el desarrollo de los reportes finales. La estructura fundamental soportada en el desarrollo de categorías y códigos es el cimiento en el que se construye el análisis de datos cualitativos; es la misma estructura desarrollada tradicionalmente cuando se menciona en los manuales clásicos el “cortar y pegar”, solo que en la actualidad se realiza mediante el manejo de herramientas tecnológicas especializadas para tal efecto. El uso de tecnología CAQDAS tiene como objetivo economizar tiempo en momentos particulares del procesamiento de la información, sin sacrificar la intención y los objetivos de los procesos tradicionales. En la tabla 1 se presentan de manera esquemática los pasos sugeridos por Kuckartz (2011) para el análisis cualitativo utilizando CAQDAS.

Tabla 1

Análisis de datos cualitativos mediante el uso de CAQDAS

1. Transcripción. Seguimiento de reglas de transcripción definidas de manera precisa.
2. Importación de datos al software.
3. Análisis del caso. Cada entrevista es analizada como un caso particular.
4. Comparación de casos. Identificar similitudes y diferencias.
5. Creación y definición de un sistema de categorías.
6. Codificación sistemática de todas las entrevistas. Se identifican segmentos relevantes del texto y se asignan a un código (“cortar y pegar”).
7. Análisis basado en categorías. Colección de segmentos del texto que pertenecen a una misma categoría y análisis temático.
8. Análisis dimensional de categorías seleccionadas.
9. Creación de subcódigos, perfeccionamiento de la codificación y/o reordenamiento de categorías relacionadas.
10. Evaluación de las relaciones entre categorías: diferenciada (subcódigos) y abstracta (conceptos complejos).

Nota: Elaboración propia a partir de Kuckartz (2011).

La utilización de CAQDAS requiere ciertos elementos que los investigadores deben tomar en cuenta, ya que tendrá una repercusión en la práctica y los resultados de sus proyectos. Quizá, la adaptación más importante se refiera al paso de la codificación impresa a la codificación electrónica. Ya que el uso de CAQDAS es fundamentalmente una herramienta tecnológica, su organización y estructura terminará influyendo en los análisis que realicen los investigadores. Woods, Macklin y Lewis, (2016) sugieren que el manejo de tecnologías CAQDAS puede influenciar las prácticas en tres sentidos:

1. Cuando el método del investigador domina el comportamiento del software, esto es, cuando el investigador encuentra nuevas formas de analizar la información a partir de las herramientas particulares del software.
2. Cuando la forma como se comporta el software complementa o facilita nuevas prácticas.
3. Cuando el software termina dominando la práctica analítica del investigador.

En el último caso, existe una preocupación de la comunidad científica sobre el manejo indiscriminado y acrítico del uso de CAQDAS, pues originalmente se desarrolló para facilitar las investigaciones en *teoría fundamentada*, y paulatinamente se ha generado un modelo monopólico y dominante de práctica en investigación cualitativa (Woods, Macklin & Lewis, 2016).

El desarrollo de las herramientas CAQDAS no es entendible sin la evolución tecnológica en materia de computación. Durante la década entre 1940 y 1950, el uso de las computadoras era exclusivo de la industria militar y algunas áreas avanzadas de la ciencia. Para los años sesenta, el capital privado inicio la fabricación de hardware y, por consiguiente, incrementó el desarrollo de software. En los setenta, el crecimiento del uso de computadoras requirió de la diversificación de producción de software; sin embargo, con la llegada de los años ochenta aparecen grandes empresas como Lotus, Microsoft y Borland. En 1985 surge en Estados Unidos el movimiento de software libre, liderado por Richard Stallman (Lima, 2015). Para Stallman (2020), el concepto *software libre* o *código abierto* se refiere a la libertad que tienen los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software. Por lo tanto, se entiende que software libre es cualquier programa que incorpore la capacidad del usuario de hacer uso de estas seis libertades. La posibilidad de concretar los requerimientos del movimiento de software se debe, en gran medida, a que en 1991 Linus Torvalds diseñó el sistema operativo Linux, el cual tiene como gran potencial ser un proyecto colaborativo internacional (Guijarro et al., 2019).

Tanto el movimiento como el desarrollo de software libre se enmarcan en lo que se ha dado en denominar *cultura libre* o *cultura del software libre*. Asumirse como parte de esta cultura involucra un desafío con el paradigma tecnológico del software privativo, que

tiene como principal competencia el proceso de transferencia tecnológica para eliminar el uso y consumo de software comercial, que se encuentra monopolizado por Microsoft y Apple (Freire, Díaz, & Vera, 2019). El tipo de licencia bajo la cual se desarrolla el software libre es distinto del software privativo, ya que las empresas que producen este último o del tipo patentado, generalmente retienen la totalidad de los derechos de producción, modificación y distribución del código fuente, y solo permite al usuario o comprador el uso del programa. Por lo que la diferencia sustancial entre el software de código abierto y el privativo son las condiciones de utilización impuestas por el tipo de licencia, más que en una distinción funcional o de código de programación (Bradley, 2005). De esta forma, el manejo del software libre implica la utilización de herramientas digitales que motiva al usuario a comprender por sí mismo, realizar acciones razonadas y encontrar soluciones alternas a los requerimientos tecnológicos actuales, sin los candados de uso de las herramientas privativas (Faría, 2020).

Dentro de los CAQDAS desarrollados en plataformas libres se encuentra RQDA, que es un paquete bajo licencia FreeBSD o Licencia BSD Simplificada. BSD-Berkeley Software Distribution fue un sistema operativo basado en UNIX de la Universidad de Berkeley, que originalmente durante los años setenta y ochenta fue utilizado para investigación, por lo que su versión libre (FreeBSD) posibilita el desarrollo de aplicaciones con las características del software libre en cuanto a distribución y modificación (Freebsd Project, 2019). Por su parte, el proyecto RQDA fue desarrollado por Huang Ronggi de la Universidad de Fudan en Shanghai, China (Huang, 2016). RQDA es el acrónimo de R-based Qualitative Data Analysis o Análisis de Datos Cualitativos basado en R. El paquete R es un lenguaje y ambiente de computación y gráficos estadísticos gratuito y de código abierto. Las herramientas que contiene R son altamente flexibles y posibilitan un amplio rango de librerías y paquetes.

Una de las características más interesantes de RQDA es que al estar basado en R tiene una capacidad multiplataforma, lo cual permite al usuario instalarlo en Microsoft, Linux o MacOS. RQDA tiene la característica particular de ser el único paquete de R que contiene funciones específicas para el análisis cualitativo de datos. En especial, hay que recalcar la función denominada GUI, que permite la codificación de archivos de texto (.txt). GUI permite organizar los archivos en casos, categorías, atributos y códigos en categorías, para generar el archivo del proyecto que contendrá terminación específica (.rqda) (Pueyo, 2016). La información incorporada a cada proyecto es almacenada en una base de datos de origen SQLite a partir del paquete estadístico de R. SQLite posibilita la gestión de bases de datos relacionales, por lo que existe la posibilidad de acceder a las interconexiones entre los datos. La tabla 2 muestra las características de las nueve funciones básicas de RQDA.

Tabla 2*Características de las funciones de RQDA*

Pestaña	Función
<i>Project</i>	Crear un nuevo proyecto o abrir uno anterior Cerrar proyectos Elaborar memo Respaldo del proyecto Guardar el proyecto Limpiar (borrar) el proyecto Cerrar
<i>File</i>	Importar o añadir los archivos (.txt) para el análisis de datos
<i>Codes</i>	Creación de códigos
<i>Code Categories</i>	Agrupación y clasificación de códigos
<i>Cases</i>	Clasificación de archivos Adición de atributos Recuento de códigos por caso
<i>Attributes</i>	Creación de atributos
<i>File</i>	Creación de categorías a partir de la naturaleza de los archivos
<i>Journals</i>	Recuento del progreso de codificación
<i>Settings</i>	Personalización de RQDA

Nota: Elaboración propia con base en Pueyo (2016).

Dentro de las metodologías cualitativas, el análisis temático es una de las posibilidades con mayor flexibilidad. RQDA permite a los investigadores y estudiantes el manejo de software especializado a partir del soporte de los paquetes de R, sin la necesidad de pagar licencias costosas (Estrada, 2017). En la tabla 3 se muestra una comparativa entre RQDA y distintos CAQDAS, con la intención de mostrar la funcionalidad de este programa en específico respecto a otras opciones de pago.

Tabla 3

Comparativa entre RQDA y distintos CAQDAS

CAQDAS	Licencia	Plataforma	Tipo de análisis
ATLAS.ti	Propietaria	Windows	Textos
		MacOS	Imágenes
		Android	Audio
			Video
MAXQDA	Propietaria	Windows	Texto
		MacOS	Audio
			Video
			Imágenes
NVivo	Propietaria	Windows	Texto
		MacOS	
ConnectedText	Propietaria	Windows	Texto
RQDA	Libre-GLP	Windows	Texto
		MacOS	
		Linux	

Nota: Elaboración propia.

Brecha digital y acceso a tecnologías libres

Para Arellano (2020), las tecnologías digitales están modificando los esquemas de producción, consumo, interacción de las sociedades actuales, en gran medida, producto de sus posibilidades de transversalidad que permite su incorporación en las diferentes esferas de la vida económica. En ese sentido, el *paradigma digital* lidera el desarrollo tecnológico en general y el avance de la ciencia en particular, desde la década de los setenta con la innovación de los sistemas informáticos. Según el Scimago Institutions Rankings (2020), México ocupa el lugar 28 a nivel internacional en la producción de documentos científicos; en los primeros lugares se encuentran Estados Unidos con 12 839 607 textos; China con 6 589 695; Reino Unido con 3 715 590; Alemania con 3 222 549; y Japón con 2 893 614. México cuenta con una producción de 347 369, muy lejos del liderazgo de Brasil en América Latina con 1 027 748 que ocupa el lugar 15 en el mundo. Los casos específicos de China y Brasil son interesantes en tanto son economías que han sido consideradas líderes en la inversión de innovación. Son pocas las naciones que transitan de una economía de ingresos medios a una de ingresos altos sustentada en la innovación, y en ese sentido ahí se encuentra China, India, Brasil y Rusia (Organización Mundial de la Propiedad Intelectual [OMPI], 2019).

Quinde et al. (2019) refieren que los procesos de competencia capitalista han incorporado a las capacidades tecnológicas como elementos claves del desempeño económico de los distintos países, concluyendo que el desarrollo tecnológico es fundamental para el crecimiento económico. Aun cuando en Latinoamérica se han hecho avances importantes para la capitalización de los recursos científicos y estos se encuentran a disposición de mayores grupos, la inversión en investigación, desarrollo e innovación es mínima en comparación con los países desarrollados (León et al., 2020). A pesar de los esfuerzos de los países latinoamericanos, los efectos positivos de las tecnologías se han centralizado básicamente en los países desarrollados, provocando una serie de “brechas tecnológicas y sociales” entre naciones y entre grupos sociales a su interior. La llamada brecha digital es un proceso de desigualdad asociado a las condiciones estructurales de pobreza, exclusión e inequidad en la distribución de los recursos. Como estrategia para contrarrestar la brecha digital, se ha propuesto el concepto de *apropiación social de la tecnología*, la cual se refiere a: 1) tener acceso a las herramientas tecnológicas; 2) desarrollar habilidades para su manejo; y 3) incorporar herramientas a las actividades cotidianas del usuario (Gómez et al., 2018).

La brecha digital en México afecta de distintas formas a la educación en general, un 45% de la población cuenta con computadora, mientras que solo el 53% cuenta con acceso a Internet. En ese sentido, la distribución del acceso se encuentra jerarquizada territorialmente; el 73% de la población urbana tiene acceso a Internet, mientras que en zonas rurales solo lo tiene un 40%. En el caso de las entidades federativas, los hogares de Baja California y Sonora cuentan con el 80% de cobertura de Internet, mientras que en Michoacán, Guerrero y Oaxaca solo un 50% de los hogares cuenta con acceso (Lloyd, 2020). Ante este escenario, es importante apuntar que, si México aspira a trascender las brechas digitales producto de la desigualdad histórica, se debe apostar por apuntalar el sistema de educación pública, apostando por mejorar la calidad en toda la estructura educativa. Una de múltiples opciones que pueden tener un efecto directo en la solución de problemas nacionales es la formación de recursos humanos (Lomelí, 2019). En ese sentido, asociado al concepto de apropiación social tecnológica, se encuentra el de la democratización de la ciencia y la tecnología, que se refiere a: 1) acceso universal al conocimiento científico; 2) resultados de investigaciones que respondan a problemas sociales, aún cuando estos no sean rentables; y 3) tecnología al alcance de los países en desarrollo (Medina et al., 2019). Es entonces que, el concepto de la cultura del software libre confronta la concepción individualista de educación y desarrollo, al posibilitar el manejo de tecnología que abona a disminuir la brecha digital. Por lo que su impulso es una alternativa viable y de bajo costo como herramienta para el desarrollo científico y tecnológico (Bodero et al., 2020).

Reflexiones finales

Las investigaciones en ciencias sociales al igual que en otras disciplinas han servido en muchos casos para beneficiar a una minoría o ser parte de un utilitarismo económico (Rojas, 2013). El uso de tecnologías para realizar investigación se encuentra asociada al monopolio de empresas que han cimentado su desarrollo en limitar las opciones de trabajo a los usuarios finales. No es de extrañar que la tecnología avance a la par de las reglas del mercado, sin embargo, en la práctica cotidiana, la gran parte de la investigación realizada por investigadores noveles o en formación, la desarrollan a partir del uso ilegal de software especializado. Las condiciones de vulnerabilidad y de precariedad no son excluyentes en la educación superior y, en una realidad donde los recursos son escasos, la tendencia es que las brechas de investigación en los países en desarrollo sean cada vez más profundas respecto a los países del primer mundo. Una primera alternativa, puede ser que se asuman políticas públicas que inyecten mayores recursos a la educación y la ciencia, y con esto se busque a mediano y largo plazo formar y equipar a presentes y futuras generaciones de investigadores de las herramientas tecnológicas necesarias para su práctica. Sin embargo, esta opción parece un espejismo discursivo que se aleja cada vez más de las posibilidades reales de la comunidad científica y educativa. La segunda opción es la que se presenta y se ha discutido en este documento, y representa la adopción de una nueva cultura basada en el conocimiento de libre acceso.

Es importante señalar, que en los últimos años se ha logrado el desarrollo de tecnología hardware bajo costo y completamente compatible con software libre; por lo que se abre un camino que posibilita la independencia tecnológica y, por consecuencia, el desarrollo de ciencia a bajo costo. Estas condiciones en el campo de la informática permiten que investigadores de cualquier parte del mundo, puedan desarrollar investigación con equipo y herramientas a una fracción del costo que la harían dependiendo únicamente de equipo de alta gama y software propietario. Las herramientas tecnológicas son artilugios que deben buscar la facilidad y el ahorro de energía en el trabajo de investigación, no deben convertirse en una barrera o impedimento económico para el desarrollo del conocimiento. En las últimas décadas ha existido un proceso de fetichización de la tecnología como el camino único al desarrollo y el progreso. Conceptos como *acceso abierto* o *cultura libre* incorporan formas distintas de atender las problemáticas históricas que padecen la ciencia y la educación en nuestro país y el resto de Latinoamérica. Paulatinamente se están abriendo los espacios para que los repositorios de conocimiento tengan acceso abierto a sus contenidos, surgen cada vez más opciones de difusión y divulgación al alcance de mayores sectores de usuarios. Posiblemente en los próximos años, la utilización de herramientas tecnológicas libres sea una opción por considerar para desarrollar investigación, sin la preocupación de limitar los recursos de los investigadores y las instituciones públicas.

Referencias

- Aguilera, R. (2013). Identidad y diferenciación entre Método y Metodología. *Estudios Políticos*, 9(28), 81-103. <https://www.redalyc.org/pdf/4264/426439549004.pdf>
- Arellano, M. (2020). Las brechas digitales en México: un balance pertinente. *El Trimestre Económico*, 87(346), 367-402.
- Bodero, E., Villacrés, E. Radicelli, C., & Pomboza, M. (2020). El conocimiento y el software libre como un bien común. *Espacios*, 41(30), 357-367. <https://www.revistaespacios.com/a20v41n30/a20v41n30p29.pdf>
- Bradley, D.A. (2005). The Divergent Anarcho-utopian Discourses of the Open Source Software Movement. *Canadian Journal of Communication*, 30(4), 585-611.
- Coffey, A., & Atkinson, P. (2003). *Encontrar el sentido a los datos cualitativos. Estrategias complementarias de investigación*. Universidad de Antioquia.
- Cope, D.G. (2014). Computer-Assisted Qualitative Data Analysis Software. *Oncology Nursing Forum*, 41(3), 322-323. <https://doi.org/10.1188/14.ONF.322-323>
- Cotán, A. (2016). El sentido de la investigación cualitativa. *Escuela Abierta*, (19), 33-48. <https://repositorioinstitucional.ceu.es/bitstream/10637/8295/1/EA19-sentido.pdf>
- Denzin, N., & Lincoln, Y. (2011). *Manual de investigación cualitativa. Vol. 1*. Gedisa.
- Estrada, S. (2017). Qualitative Analysis Using R: A Free Analytic Tool. *Qualitative Report*, 22(4), 956-968.
- Faría, J. (2020). Impacto de software libre en el aprendizaje de estudiantes de los universitarios. *Social Innova Sciences*, 1(4), 43-52. <https://socialinnovasciences.org/ojs/index.php/sis/article/view/37/43>
- Fernández, A. (2008). El primer positivismo. Algunas consideraciones sobre el pensamiento social en Saint Simon y Comte. *Conflicto Social. Revista del Programa de Investigaciones sobre Conflicto Social*, 1(0), 25-40.
- Flick, U. (2013). Introducción. En R. Barbour, *Los grupos de discusión en Investigación Cualitativa*. Morata.
- FreeBSD Project (2019). *The FreeBSD Copyright*. The Freebsd Foundation. <http://goo.gl/lqU031>
- Freire, R., Díaz, J., & Vera, N. (2019). Cultura libre y software libre: hacia el empoderamiento digital. *Revista Prisma Social*, (26), 50-72. <https://revistaprimasocial.es/article/view/3115>
- Gaeta, R. (2012). El fantasma del positivismo en las ciencias sociales. *Filosofía Unisinos*, 13(2), 225-249.
- Gómez, D., Alvarado, R., Martínez, M., & de León, C. (2018). La brecha digital: una revisión conceptual y aportaciones metodológicas para su estudio en México. *Entreciencias*, 6(16), 49-64. <http://revistas.unam.mx/index.php/entreciencias/article/view/62611/57630>

- Guijarro, A., Molina, M., Galarza, M., & Trejo, J. (2019). *Principios Básicos de GNU/Linux CentOS 7*. Colloquium. <http://colloquium-biblioteca.com/index.php/web/article/view/45>
- Huang, R. (2016). *rqda: R-based Qualitative Data Analysis*. R package version 0.2-8. <http://goo.gl/9J1JQi>
- Jiménez, A., & Torres, A. (2006). *La práctica investigativa en ciencias sociales*. Universidad Pedagógica Nacional.
- Kuckartz, U. (2011). Análisis cualitativo de datos por computadores: Historia, métodos y perspectivas. En C. Cisneros (Coord.), *Análisis cualitativo asistido por computadora. Teoría e investigación* (pp. 27-51). Universidad Autónoma Metropolitana/Miguel Ángel Porrúa.
- León, J., Socorro, A., Cáceres, M., & Pérez, C. (2020). Producción científica en América Latina y el Caribe en el período 1996-2019. *Revista Cubana de Medicina Militar*, 49(3). <http://www.revmedmilitar.sld.cu/index.php/mil/article/view/573/536>
- Lima, A. (2015). Software de fuentes abiertas: el paradigma de desarrollo del futuro tecnológico. En X. Martínez, *Infosfera* (pp. 157-171). Instituto Politécnico Nacional.
- Lloyd, M. (2020). Desigualdades educativas y la brecha digital en tiempos de COVID-19. En H. Casanova Cardiel (Coord.), *Educación y pandemia: una visión académica* (pp. 115-121). Universidad Nacional Autónoma de México.
- Lomelí, L. (2019). Educación superior y desarrollo: los desafíos de México. *Economía UNAM*, 16(47), 3-11. <https://doi.org/10.22201/fe.24488143e.2019.47.459>
- Maldonado, C. (2016). *Complejidad de las ciencias sociales. Y de otras ciencias y disciplinas*. Ediciones desde Abajo.
- Martínez, M. (2006). La investigación cualitativa (síntesis conceptual). *Revista IIPSI*, 9(1), 123-146. http://ateneo.unmsm.edu.pe/bitstream/handle/123456789/1598/revista_de_investigacion_en_psicologia08v9n1_2006.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Medina, J., Arteaga, E., & del Sol, J. (2019). Democratization of knowledge in the University of Cienfuegos with the use of free software. *Conrado*, 15(69), 347-354. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S1990-86442019000400347&script=sci_arttext&tlng=en
- Organización Mundial de la Propiedad Intelectual (OMPI). (2019). *Índice Mundial de Innovación 2019*. https://www.wipo.int/edocs/pubdocs/es/wipo_pub_gii_2019_keyfindings.pdf
- Parada, J.A. (2018). Investigar en ciencias humanas. *CRAIUSTA Centro de Recursos para el Aprendizaje y la investigación*. <http://hdl.handle.net/11634/14521>
- Pueyo, G. (2016). *Proyecto para la creación de un paquete en R para el análisis de datos basados en el paquete RQDA* (Tesis de Máster). Universitat Politècnica de Catalunya. <https://upcommons.upc.edu/handle/2117/100788>

- Quinde, V., Bucaram, R., Bucaram, M., & Silvera, C. (2019). Relación entre el gasto en Ciencia y Tecnología y el Producto Interno Bruto. Un análisis empírico entre América Latina y el Caribe y el Ecuador. *Revista ESPACIOS*, 40(04). <http://www.revistaespacios.com/a19v40n04/19400407.html>
- Rapley, T. (2014). *Los análisis de la conversación, del discurso y de documentos en Investigación Cualitativa*. Morata.
- Rojas, R. (2013). *Guía para realizar investigaciones sociales*. Madrid: Plaza y Valdés.
- Ruedas, M., Ríos, M., & Nieves, F. (2007). Epistemología de la investigación cualitativa. *Educere*, 13(46), 627-635.
- Silver, C., & Rivers, C. (2015). The CAQDAS Postgraduate Learning Model: an interplay between methodological awareness, analytic adeptness and technological proficiency. *International Journal of Social Research Methodology*, 19(5), 593-609. <http://dx.doi.org/10.1080/13645579.2015.1061816>
- Scimago Institutions Rankings (2020). *SJR Scimago Journal & Country Rank*. <https://www.scimagojr.com/countryrank.php>
- Stallman, R. (2020). La definición de software libre. *Comuniars. Revista de Imagen, Artes y Educación Crítica y Social*, 3, 151-154. <https://idus.us.es/handle/11441/100711>
- Vasilachis, I. (2009). Los fundamentos ontológicos y epistemológicos de la investigación cualitativa. *Forum: Qualitative Social Research*, 10(2), <http://www.qualitative-research.net/index.php/fqs/article/view/1299/2779>
- Wallerstein, I. (1997). *La historia de la Ciencias Sociales*. Universidad Nacional Autónoma de México.
- Woods, M., Macklin, R., & Lewis, G. K. (2016). Researcher reflexivity: exploring the impacts of CAQDAS use. *International Journal of Social Research Methodology*, 19(4), 385-403.

Capítulo 3

Ingeniería de Software.

Necesidades y prospectiva de la profesión en Baja California

Norma Candolfi Arballo, Guillermo Licea Sandoval, Christian Navarro Cota, David Abdel Mejía Medina, Manuel Castañón Puga, Víctor Velázquez Mejía y Camilo Caraveo Mena

El desarrollo de software se está convirtiendo en una de las disciplinas más importantes de nuestro tiempo, y se proyecta así por muchos años más, debido a que nuestra sociedad consume cada vez más productos electrónicos que requieren de algún tipo de software para su funcionamiento.

Hoy en día, la Ingeniería de Software, disciplina que formaliza las actividades necesarias para el desarrollo de este, se encuentra en una etapa de madurez, pero para llegar tuvo que pasar por grandes cambios. En la década de 1950 se tenía la idea de que la Ingeniería de Software debía hacerse como la Ingeniería de Hardware. En aquel tiempo las organizaciones que desarrollaban software contaban con ingenieros de hardware o matemáticos y el software desarrollado era mayormente para uso en ciencias o, casi siempre relacionado con cuestiones militares (Boehm, 2006).

Otro indicador de la orientación hacia la Ingeniería de Hardware son los nombres de las asociaciones creadas para los profesionistas del software: *Association for Computing Machinery* (Asociación para la Maquinaria de Cómputo) y la *IEEE Computer Society* (Sociedad de Computadoras del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos). Para la década de 1960, la gente se dio cuenta que el desarrollo de software difería del desarrollo del hardware de manera significativa. Para empezar, el software es mucho más fácil de modificar y no requiere líneas de producción costosas para hacer copias del producto. La facilidad para modificar el software llevó a muchas personas y organizaciones a adoptar un enfoque *codifica y corrige* para el desarrollo de software. Otra diferencia es que el software no se desgasta, así que la confiabilidad del software no podía ser medida con los



modelos aplicados al hardware, además que la actividad de mantenimiento de software es muy diferente al mantenimiento de hardware (Boehm, 2006).

Por otro lado, debido a la creciente demanda de software, los ingenieros de hardware y matemáticos no fueron suficientes y se empezó a entrenar personal de las áreas de humanidades, ciencias sociales, negocios, ciencias y artes, etc. para desarrollar software u ocupar puestos relacionados en las empresas. Estas personas estaban mucho más cómodas con el enfoque codifica y corrige. A veces eran muy creativos, pero sus correcciones frecuentemente conducían a código parchado y sin estructura. Esta situación motivó la organización de los primeros congresos de Ingeniería de Software organizados por la OTAN en 1968 y 1969 (Boehm, 2006).

Para la década de 1970 hubo reacciones al enfoque codifica y corrige, las cuales involucran procesos en los cuales la codificación fue mejor organizada y precedida por el diseño, y este último precedido por la ingeniería de requisitos. En esa década nace la programación estructurada, así como los métodos formales para asegurar la codificación correcta de los programas. El éxito de la programación estructurada llevó a la creación de muchos otros enfoques estructurados para el diseño de software, como el famoso modelo de cascada (Boehm, 2006).

Junto con algunas mejores prácticas desarrolladas en la década de 1970, en la de 1980 se crearon iniciativas para atacar los problemas de la década anterior y mejorar la productividad y escalabilidad de la Ingeniería de Software. Se crearon dos estándares para la calidad del software: el modelo de capacidad de madurez (CMM) de la Universidad Carnegie-Mellon, creado para asegurar el nivel de madurez de una organización en cuanto a los procesos de software y el ISO-9001, un estándar aplicado a las prácticas de calidad para el software (Boehm, 2006; Bourque & Fairley, 2014).

La década de 1980 también se destacó por el surgimiento de herramientas de software para apoyar durante todo el proceso de la Ingeniería de Software, desde la ingeniería de requisitos hasta la codificación y pruebas. Por otro lado, se puso mucho más en práctica la idea de la reutilización de software, esto incluyó la creación de *framework*, lenguajes de programación orientados a objetos y metodologías de desarrollo de software.

Durante la década de 1990, se popularizaron los métodos orientados a objetos, a través de la difusión de los patrones de diseño, la arquitectura de software y la metodología UML. La expansión del Internet puso de manifiesto la importancia del software como discriminador en un mundo competitivo. Esto provocó la necesidad de reducir los tiempos de desarrollo de software y, como consecuencia, el cambio del modelo de cascada secuencial hacia modelos en los que se pudieran realizar las actividades de manera concurrente. Así nacieron las ideas para los métodos de desarrollo rápido de aplicaciones y métodos ágiles.

En el inicio del nuevo milenio, la década de 2000, se continuó con la expansión de los métodos para el desarrollo rápido de aplicaciones y se aceleraron los cambios en las tecnologías de información propiciados por las nuevas tecnologías web, impulsadas por empresas como Google. A finales de esta década apareció el teléfono inteligente *iPhone* de la compañía Apple y cambió la forma de utilizar los dispositivos móviles generando un crecimiento exponencial en el desarrollo de aplicaciones (Boehm, 2006).

En la década de 2010, la compartición de código fuente se extiende a través de sitios web como GitHub, lo cual facilita el trabajo de los desarrolladores de software a nivel mundial. La compañía Google ha logrado posicionar su sistema operativo Android como el más popular del mundo en los dispositivos móviles, seguido del iOS de Apple. Además, Apple introdujo la tableta *iPad* y, posteriormente, surgieron otras tabletas Android, con lo cual se extendió el uso de dispositivos móviles por todo el mundo, generando un mercado de miles de millones de usuarios potenciales para las aplicaciones desarrolladas. En la actualidad, las tendencias tecnológicas se orientan al desarrollo del internet de las cosas (*Internet of Things*), datos masivos (*Big data*), análisis de datos, inteligencia artificial, vehículos autónomos y drones, entre otras (Boehm, 2006; Maicas & Mata, 2011).

Se requieren programas educativos que incluyan de manera obligatoria unidades de aprendizaje que preparen a los futuros ingenieros para dirigir grupos de desarrollo en la implementación de las mejores prácticas de la Ingeniería de Software, empleando metodologías novedosas y conocimientos sobre las tendencias tecnológicas actuales y futuras. Esto permitirá al ingeniero de software participar de manera exitosa en grupos de desarrollo en diferentes tipos de empresas tecnológicas. Por otro lado, debido a la rápida evolución de la tecnología, un plan de estudios de Ingeniería de Software deberá considerar una estructura que permita la actualización frecuente para contemplar la evolución constante de la tecnología, logrando que sus egresados sean pertinentes para impulsar el desarrollo social y económico de la región y del país.

En el presente capítulo se presenta el análisis sobre las necesidades sociales, las consideraciones del mercado laboral, la visión de expertos investigadores en el área y la prospectiva de la profesión del ingeniero de software en el estado de Baja California.

Estudio de pertinencia social

Análisis de necesidades sociales

Se presenta una investigación documental utilizando como referentes bibliográficos los documentos publicados por organismos internacionales, nacionales y regionales como la Organización de las Naciones Unidas (ONU), el Foro Económico Mundial (FEM), el Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI), la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), el Gobierno Federal, la Secretaría de Educación Pública (SEP), la Secretaría

de Economía (SE), el Gobierno del Estado de Baja California, y la Universidad Autónoma de Baja California (UABC), en donde se describen situaciones educativas, económicas, sociales y gubernamentales bajo las cuales se considera una necesidad el desarrollo de la profesión de la Ingeniería de Software y profesionistas afines a las tecnologías de la información y tecnologías digitales.

Contexto internacional

En las últimas dos décadas, las tecnologías de la información y las tecnologías digitales, dentro de las cuales el desarrollo de software es primordial, han evolucionado de forma acelerada en la transformación de las sociedades, culturas y economías. El mundo ha sido testigo de los cambios provocados por el rápido avance de las tecnologías en los llamados *ecosistemas de innovación*, tales como las redes sociales, el big data y el internet de las cosas. Las tecnologías móviles y conectividad de banda ancha, ya generalizadas en los países desarrollados, se despliegan rápidamente en los países en vías de desarrollo y mercados emergentes (ONU, 2018).

“El titular de la ONU consideró que las tecnologías móviles y las monedas digitales presentan grandes oportunidades para alcanzar a 2000 millones de mujeres y hombres que aún no tienen acceso a la banca mundial” (ONU, 2015, párr.5). Considerando que en el 2020 se proyectan seis veces más dispositivos móviles y personas conectados a la Internet. Por lo que requiere el trabajo conjunto de las sociedades del conocimiento para construir y fortalecer la confianza y promover una cultura de *ciberseguridad* global. En ese sentido, en la Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD), en su reunión de noviembre de 2017, se estableció que:

El contexto de la ciencia, la tecnología y la innovación en el que la comunidad internacional comienza a aplicar la *Agenda 2030* se caracteriza por una transformación acelerada y profunda impulsada por varias tecnologías en rápida evolución y a menudo convergentes, que, además, están fuertemente vinculadas a la capacidad de reunir, almacenar, transmitir y procesar ingentes cantidades de datos e información. En las economías más avanzadas y en varios países en desarrollo, estos avances tecnológicos están transformando el funcionamiento de los sistemas de producción, así como la función de diversos actores a lo largo de las cadenas de valor y la definición de sectores e industrias.

No hay una lista definitiva de las principales tecnologías emergentes, pero en los debates se abordan la mayoría de las disciplinas científicas siguientes:

inteligencia artificial, análisis de macrodatos, robótica (vinculada a la inteligencia artificial), vehículos autónomos, Internet de las cosas, [...] realidad virtual y ampliada [...], entre otras. (UNCTAD, 2017, pp.2-3)

Cada una de las disciplinas anteriores tiene como característica que requiere del desarrollo de software para un dominio específico.

De acuerdo con el informe 2016 publicado por el Foro Económico Mundial, el cual evalúa el impacto de las tecnologías de la información en el proceso de desarrollo de los países, en el primer lugar se encuentra Singapur, con una evaluación de 6.0; en el segundo lugar, se encuentra Finlandia, con una evaluación de 6.0; en el tercer lugar, se encuentra Suecia, con una evaluación de 5.8; en el cuarto lugar, se encuentra Noruega, con una evaluación de 5.8; en el quinto lugar, se encuentra Estados Unidos, con una evaluación de 5.8; en el sexto lugar se encuentra Holanda, con una evaluación de 5.8; en el séptimo lugar se encuentra Suiza, con una evaluación de 5.8; en el octavo lugar se encuentra Reino Unido, con una evaluación de 5.7; en el noveno lugar, se encuentra Luxemburgo, con una evaluación de 5.7; en el décimo lugar, se encuentra Japón, con una evaluación de 5.6. En el listado, México se encuentra en el lugar número 76 con una evaluación de 4.0; Chile es el mejor situado en Latinoamérica, en el lugar 38 con una evaluación de 4.6 (Baller et al., 2016).

Contexto Nacional

De acuerdo con datos de la Secretaría de Economía (SE, 2016), México cuenta con ventajas competitivas a nivel mundial en lo referente a Tecnologías de la Información (TI), entre las que podemos mencionar la mano de obra calificada, una ubicación geográfica privilegiada y el acceso a los principales mercados a nivel mundial. México se posiciona en el cuarto exportador de servicios de TI a nivel mundial y ha sido calificado como el sexto mejor destino para la subcontratación de servicios, incluyendo los de TI.

Uno de los programas que forman parte de la SE es el Programa para el Desarrollo de la Industria del Software y la Innovación (PROSOFT), el cual tiene como objetivo promover el desarrollo y la adopción de las tecnologías de la información y la innovación en los sectores estratégicos del país, logrando con su contribución el incremento en la productividad, con la intención de hacer frente a los retos que en la actualidad son necesarios en el sector de TI, por lo anterior, se establecieron cinco estrategias:

1. Formación de capital humano especializado en tecnologías de la información y en innovación en los sectores estratégicos.
2. Generación de investigación aplicada, desarrollo tecnológico e innovación en los sectores estratégicos.
3. Financiamiento para las empresas de los sectores estratégicos para el desarrollo y adopción de tecnologías de la información e innovación.
4. Generación de infraestructura para el desarrollo y adopción de las tecnologías de la información y la innovación.
5. Generación y difusión de conocimiento en materia de TI e innovación a través de estudios y eventos. (SE, 2016, párr.3)

En materia de políticas educativas, PROSOFT se ha vinculado con instituciones de educación trabajando de manera conjunta en un total de 121 universidades, haciendo énfasis en los siguientes aspectos:

1. Actualización de los planes de estudio [con una] visión mundial y vocación a largo plazo. [Treinta] universidades del país orientaron las carreras profesionales en cuatro perfiles: desarrollador de software o ingeniero de software; arquitecto de software y emprendedor-administrador de proyectos de software.
2. Oferta de cursos complementarios para reducir la brecha egresado-persona productiva (con cursos extracurriculares).
3. Establecimiento de mecanismos para vincular con alianzas intersectoriales a la industria con las Instituciones Educativas (sociedad-academia-industria).
4. Oferta de equipamientos y actualización a las instituciones de educación. (UABC, 2017, p.20)

El fondo PROSOFT es una herramienta que facilita la habilitación del entorno, al fortalecer los objetivos y acciones del gobierno federal, entidades federativas y los sectores privados y académicos (SE, 2016).

Contexto estatal

El Estado de Baja California está situado en la región noroeste de la república mexicana. Está conformado por cinco Municipios: Mexicali —que constituye la capital del estado—, Tijuana, Tecate, Ensenada y Playas de Rosarito (INEGI, 2015). La población del Estado de Baja California en el año 2015, de acuerdo con el INEGI, asciende a 3 315 766 habitantes, de los cuales 1 665 425 son mujeres y 1 650 341 son hombres. Baja California ocupa el lugar 14 a nivel nacional por su número de habitantes.



La frontera norte de México es una región que juega un papel muy importante en relación con la competitividad en la producción de activos tangibles e intangibles. Uno de los activos más importantes en la actualidad es el software, por lo cual desde principios de este siglo se creó un Clúster de Tecnologías de la Información (IT@BAJA) y posteriormente el parque tecnológico conocido como *Bit Center*, los cuales aglutinan a más de 120 empresas en el sector de software en Baja California (Martínez, 2017).

El Clúster de Tecnologías de la Información se formaliza con la intención inicial de fortalecer la industria de desarrollo en el estado, pero también en la búsqueda de posicionarse en el mercado de San Diego, California, especializándose en varias líneas de acción y ofrecer servicios tecnológicos a empresas situadas en Estados Unidos, principalmente en actividades como el desarrollo a la medida, productos de software, actividades de consultoría, ventas y soporte técnico (Hualde & Gomis, 2006).

En Baja California se pueden identificar fortalezas en el sector de software como la implementación de sistemas administrativos en el sector público y privado, sistemas de información geográfica, desarrollo y promoción de páginas web, conocimiento y dominio en el tema de telecomunicaciones y experiencia en *call centers*; así mismo, se pueden identificar oportunidades de mejora como es el apoyo al capital humano, para su actualización e incorporación en departamentos de ventas, mercadotecnia y desarrollo (Hualde & Gomis, 2007).

A pesar de las ventajas competitivas de la región y de los esfuerzos del Clúster de Tecnologías de la Información, de acuerdo con estudios realizados por El Colegio de la Frontera Norte (El Colef) (Hualde & Gomis, 2006; 2007), es necesaria la formación de recursos humanos especializados para asegurar el crecimiento de las empresas de la región. En el estudio se destaca que hace 10 años, el número de matrículas de alumnos inscritos en carreras relacionadas con software en Baja California se concentraba en Ingeniería en Computación, Licenciado en Informática, entre otras derivadas, y se calculaban 4866 alumnos, pero con una deserción del 40%.

El ingeniero de software es el profesionalista de la computación que se encarga del desarrollo y mantenimiento de sistemas de software confiables y eficientes; fáciles de desarrollar y mantener; y que satisfacen todos los requerimientos que los clientes han definido. La Ingeniería de Software se enfoca en el desarrollo de software más allá de la programación, para incluir tópicos como la obtención de requerimientos del cliente, el diseño y las pruebas del software.

Hoy en día, el ingeniero de software es necesario en cualquier organización pública o privada, que requiera el desarrollo de nuevos productos de software o la adecuación de los productos de software existentes. Considerando que las Instituciones de Educación Superior (IES) deben ser eficientes impulsoras del desarrollo de la sociedad en el que

están inmersas, es necesario que su oferta de programas educativos se aproxime a las necesidades sociales existentes.

En los últimos años, a través de los fondos establecidos por el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (Conacyt), en Baja California se ha apoyado desde las micro hasta las grandes empresas para hacerlas crecer mediante la generación de productos tecnológicos innovadores. El Programa de Estímulo a la Innovación (PEI) ha destinado más de 550 millones de pesos, a través de la modalidad INNOVAPYME (Innovación Tecnológica para las Micro, Pequeñas y Medianas Empresas) ha destinado más de 150 millones de pesos, y a través de INNOVATEC (Innovación Tecnológica para las Grandes empresas) ha destinado más de 180 millones de pesos (Sánchez et al., 2017). El padrón de beneficiarios incluye empresas locales, así como empresas nacionales e internacionales ubicadas en el estado, de estas un porcentaje significativo corresponde a empresas dedicadas a la producción de software o que requieren el desarrollo de software hecho a la medida para hacer más eficientes sus procesos productivos.

Baja California se ha convertido en un puerto importante para la industria de TI que ha logrado colocarse dentro de los primeros cinco lugares a nivel nacional en desarrollo tecnológico y que anualmente genera 750 millones de dólares para la entidad. Más de 120 compañías de TI han estado desarrollando diversos servicios especializados y aplicaciones de software, lo que ha resultado en un ecosistema regional que en la entidad incluye el Clúster IT@BAJA, así como parques tecnológicos como el BIT Center. Esto ha creado una alta demanda de profesionistas de la computación con conocimientos y experiencia en metodologías de análisis y diseño de sistemas, lenguajes de programación, bases de datos, herramientas de desarrollo, etc.

Análisis del mercado laboral

Se describe una investigación documental consultando referentes del IEEE, la Secretaría de Economía y el PROSOFT, proyecciones realizadas por la *International Data Corporation* (IDC), periódicos el economista y el financiero, Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de la Información (AMITI), y revistas de investigación científica y otros medios), así mismo se describe un estudio de tipo empírico no documental basado en la técnica de grupo focal. Este último se estructura con la visión de expertos en el área de software encargados de generar conocimiento e impulsar el avance científico, sobre cuál será el papel de los profesionales del desarrollo de software en los próximos años. El estudio se realiza con la finalidad de identificar el mercado laboral, las necesidades y las problemáticas del mercado del software en el estado de Baja California.

Investigación documental

Hualde (2019) describe las previsiones actuales sobre la transformación de las profesiones, derivadas de las actividades económicas tradicionales y los nuevos enfoques a partir de la era digital. Identifica el surgimiento de empleos digitales referidos a las tendencias de desarrollo e innovación tecnológica que en algunos casos se describe como trabajo digital o *digital labor* definido como “el trabajo eminentemente cognitivo que se manifiesta a través de una actividad informal, capturada y que ha sido apropiada en un contexto mercantil apoyándose en tareas mediadas por dispositivos numéricos” (Cardon & Casili, citados en Hualde, 2019, pp.25-26).

Se propone una clasificación sobre el futuro de los empleos digitales, describiendo los riesgos de digitalización y estimando la evolución laboral respecto a las actividades que debieran replantearse. En la tabla 1 se resaltan como nuevas actividades laborales

Tabla 1
Empleos digitales

Trabajos con mayor riesgo de digitalización	Trabajos con menor riesgo de digitalización	Trabajos nuevos
Trabajos y tareas de oficina	Educación, arte y medios de comunicación	Análisis de datos, minería de datos, arquitectos de datos
Ventas y comercio	Servicios jurídicos	Desarrolladores de software y aplicaciones
Transporte y logística	Gestión de recursos humanos	Especialistas en redes e inteligencia artificial
Industria manufacturera	Negocios	Diseñadores y productores de nueva inteligencia, máquinas, robots e impresoras 3D
Construcción	Servicios financieros (algunos servicios)	Especialista en marketing digital y e-commerce
Servicios financieros (algunos servicios)	Proveedores de servicios de salud	<i>Digital “Galley slave”</i> (entrada de datos o trabajadores de filtro) y otros <i>“mechanical Turks”</i> que trabajan en plataformas digitales
Traducción, Impuestos, Consultoría (algunos servicios)	Trabajadores informáticos, ingenieros y científicos Trabajo social, peluquería, estética (algunos servicios)	Conductores de Uber, trabajos ocasionales (reparaciones, mejoras para el hogar, cuidado de mascotas) en la economía colaborativa

Nota: Adaptado de Hualde (2019).

lo que se orienta al desarrollo de software y aplicaciones, al análisis y minería de datos, especialistas de redes e inteligencia artificial y diseñadores de nueva inteligencia, lo que representa una necesidad para las IES para reorientar sus planes y programas de estudio y para la creación de nuevas carreras profesionales.

Con la creación de empleos digitales es fundamental la definición de habilidades requeridas en las nuevas ocupaciones. Se describen tres principales objetivos definidos por la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económicos (OCDE): 1) ampliar las habilidades adecuadas a las nuevas actividades laborales, 2) mejorar las habilidades existentes, y 3) mejorar la utilización de competencias en el puesto de trabajo; así mismo, resulta crucial el fomento de habilidades transversales, cognitivas, y relacionales para la resolución de problemas y las habilidades relacionadas con las tecnologías de la información (Hualde, 2019).

Baja California se ha convertido en un puerto importante para la industria de Tecnologías de la Información (TI), que ha logrado colocarse dentro de los primeros cinco lugares a nivel nacional, en desarrollo tecnológico y que anualmente genera 750 millones de dólares para la entidad. (Martínez, 2017, párr.1)

De acuerdo con el presidente del Clúster de Tecnologías de la Información en el estado de Baja California (IT@BAJA), un punto favorable es “el huso horario compartido de México y Estados Unidos permite soluciones en tiempo real y el intercambio sencillo de información entre clientes estadounidenses y proveedores de TI” (Martínez, 2017, párr.2). Esto beneficia en el ahorro de gastos de transporte aéreo y comunicaciones telefónicas, además, “la transferencia de actividades de negocios a un país fronterizo facilita las reuniones cara a cara y visitas a las instalaciones, que le dan una ventaja de crecimiento al estado sobre otros” (Martínez, 2017, párr.3).

Existe una carencia y necesidad de profesionistas que desarrollen software que satisfaga las necesidades de las principales empresas del estado, se requiere servicios en los siguientes campos:

diseño para manufactura, telecomunicaciones, servicio y aplicaciones para SMB, contabilidad, software para impuestos y recursos humanos, aplicaciones para comercio exterior, videojuegos, sistemas integrados, aprendizaje en línea, biometría, logística, software para traducción, centros de llamadas y servicios de BPO, servicios de I+D, soluciones de CRM y ERP y outsourcing en desarrollo de software. (Martínez, 2017, párr.9)

“La Asociación Mexicana de la Industria de Tecnologías de Información (AMITI) anunció su estimación de crecimiento promedio de 7% para la industria durante el 2019” (Riquelme, 2019a, párr.4). De acuerdo con la AMITI:

la industria TIC, en la que agrupa a los proveedores de hardware, software, de servicios de TI y de telecomunicaciones, registrará un crecimiento de 2.13% y alcanzará un valor de 15,700 millones de dólares. Esto significa que esta industria tendrá un crecimiento mayor al Producto Interno Bruto de México durante el 2019, que estima en 1.9 por ciento. Además, el crecimiento de la industria TIC nacional será menor al registrado en la región de América Latina, la cual se prevé que crezca casi 4%, con una atención especial en Brasil, en donde la industria verá un incremento de 3.52 por ciento. (Riquelme, 2019a, párr.9)

Además, esta misma asociación indica que:

En el país hay más de 4,000 empresas relacionadas al sector de tecnologías de información (TI). Se estima que en conjunto facturan 444,379 millones de pesos; el crecimiento anual promedio de la industria ha sido de 10.5 por ciento. (Riquelme, 2019b, párr.4)

Mientras que 20 empresas nacionales emplean a 23,500 profesionales. En materia de desarrollo de software, de las 30 empresas más importantes a nivel mundial, 25 tienen operaciones en México. (Riquelme, 2019b, párr.6)

En materia de infraestructura, el país cuenta con 32 clústeres de TI en 27 estados, que tienen una facturación agregada de 2,100 millones de dólares; hay 781 centros de desarrollo certificados. (Riquelme, 2019b, párr.7)

En el estudio realizado por Valdés-Hernández, Arcos-Vega, y González-Navarro (2017), referente al desarrollo de software en pequeñas y medianas empresas (PyME) del Estado de Baja California, México, resaltan la importancia del software, las telecomunicaciones y la informática como los pilares de la nueva industria, ya que proveen a otras industrias, y a la vez son demandantes de otros bienes y servicios de otras más; esta nueva industria se amplía o desarrolla continuamente a la par de las TI (Alfaro & Alemán, 2008), dentro de la investigación, destacan la carencia y necesidad de ingenieros especializados en el desarrollo de software.

En Estados Unidos es un buen momento para dedicarse a la Ingeniería de Software, según la firma de reclutamiento en línea *Indeed*, la cual presentó una lista de los mejores trabajos para 2017. Los puestos de ingeniería y desarrollo de software dominaron los primeros 25 lugares y estuvieron en 7 de las 10 primeras posiciones de la lista. Para elaborar la lista se consideraron tanto el salario como la demanda, definida por el número de anuncios de puestos de trabajo (ofertas) y el crecimiento en ese número, para la creación de los *rankings*. Solo se tomaron en cuenta empleos con un salario de por lo menos \$70,000 dólares, que a la vez tuvieron un crecimiento consistente en la proporción de solicitudes ofertadas (publicadas) para los puestos del 2013 al 2016 (Perry, 2017). En la tabla 2 se muestran los empleos y la relación con el salario base promedio.

Tabla 2

Empleos mejor calificados según el crecimiento de la demanda (EUA)

No.	Título profesional	Número de anuncios por millón	Salario base promedio (USD)	Crecimiento promedio de los anuncios 2013-2016
1	Desarrollador <i>Full Stack</i>	641	\$ 110,770.00	122%
2	Científico de datos	360	\$ 129,938.00	108%
3	Ingeniero en desarrollo de operaciones	731	\$ 123,165.00	106%
4	Administrador y gestión de ventas	80	\$ 89,702.00	103%
5	Ingeniero informático	41	\$ 85,563.00	89%
6	Desarrollador de gestión de ventas	230	\$108,089.00	83%
7	Ingeniero de calidad	311	\$ 71,111.00	83%
8	Gerente de producto digital	58	\$ 73,169.00	75%
9	Ingeniero de aplicaciones en la nube	217	\$118,878.00	67%
10	Gerente administrativo de consultoría analítica	47	\$ 90,994.00	66%

Nota: Tomado de Perry (2017).

Respecto a los empleos de la rama tecnológica en México, PROSOFT indica que, entre los años 2006 y 2011, las inversiones en el sector de TI tuvieron un incremento de 1,471 millones de pesos a 2,160 millones. El sector de TI logra crear empleos de 600 mil personas y ha registrado un crecimiento anual promedio en el empleo, entre los años 2002 al 2011, del 11% (SE, 2016). Para el sector TI es fundamental la eficiencia,

productividad e innovación, por lo que en México se han incrementado los centros de desarrollo certificados en modelos de calidad, además es el país con menores costos de operación en servicios digitales, casi 35% más barato que EU (KPMG, 2016). En cuanto a los costos de operación, México se sitúa como el país número uno de acuerdo con el estudio comparativo realizado por KPMG.

Por otro lado, en el reporte BAJA i4.0 realizado en la industria de Baja California sobre las condiciones del Estado respecto a la ola de la cuarta revolución industrial, bajo un enfoque cuantitativo a empresas de manufactura de las ciudades de Tijuana, Mexicali, Ensenada, Tecate y Playas de Rosarito, se consideró a 164 colaboradores en los departamentos de producción, ingeniería, calidad y cadena de suministro, con puestos organizacionales tales como técnico, ingeniero, jefe de departamento, gerente y directivo, con el objetivo de recabar información sobre la situación actual de la industria en el estado respecto al aprovechamiento y asimilación tecnológica (AXIS, 2019).

En el reporte BAJA i4.0 se señalan como retos elevar el nivel de conocimiento y dominio de las tecnologías que se consideran dentro del espectro de la Industria 4.0, complementar la infraestructura de talleres y laboratorios de primer nivel para dar soporte a los procesos de desarrollo e implementación, configurar una estrategia interinstitucional articulada, y monitorear el progreso tecnológico y acelerar el ritmo de asimilación del cambio tecnológico; como oportunidades se rescata la posibilidad de crear una base de proveeduría de soporte para industria 4.0, enfocarse en el impacto de indicadores para empresas ya establecidas, la colaboración binacional para el desarrollo centrado en I4.0, y la atracción de nuevos proyectos de manufactura avanzada vía el ecosistema; y las líneas de acción se orientan a recomendar la gobernanza, el desarrollo de capacidades, el fortalecimiento del ecosistema, y la propuesta de una iniciativa LEAD 4.0 grupo de empresas líder (AXIS, 2019).

En el reporte anual de la International Data Corporation (IDC) (Villate, 2019), se describe una prospectiva de la industria y la demanda de software de acuerdo con las necesidades proyectadas hacia el 2024, en donde se afirman los cambios y las tendencias de la industria en el sector de TI para el año 2022, dentro de las principales visiones se describe que:

- Se digitalizará más del 50% del PIB latinoamericano, con un crecimiento en todas las industrias impulsado por ofertas, operaciones y relaciones mejoradas digitalmente y casi \$ 380 mil millones en gastos relacionados con TI en 2019-2022;
- Casi el 70% de todo el gasto en TI en América Latina se utilizará en tecnologías de tercera plataforma, ya que más del 75% de todas las empresas construyen entornos de TI para prosperar en la economía digital.

- Más del 20% de las implementaciones en la nube de las organizaciones en Latinoamérica incluirán Edge Computing y el 15% de los dispositivos y sistemas de punto final ejecutarán el algoritmo AI.
- El 60% de todas las nuevas aplicaciones en América Latina contarán con arquitecturas de microservicios que mejoran la capacidad de diseñar, depurar, actualizar y aprovechar el código de terceros.
- El 25% de todas las aplicaciones de producción serán nativas de la nube; una nueva clase de desarrolladores profesionales que producen código sin secuencias de comandos personalizadas expandirá la población de desarrolladores en un 15%, acelerando la transformación digital, debido a que las metodologías de desarrollo de software tradicionales demoran tiempo en la elaboración del producto de software.
- Para el año 2022, en América Latina, el 20% de los servidores tendrán la capacidad de cifrar datos en reposo y en movimiento, más del 20% de las alertas de seguridad serán manejadas por automatización impulsada por inteligencia artificial, y más de 5 millones de personas en la región tendrán sistemas digitales basados en blockchain.
- Para el año 2023 se contará con nuevas herramientas y plataformas, más desarrolladores, métodos ágiles y gran cantidad de reutilización de código, cerca de 30 millones de nuevas aplicaciones empresariales lógicas serán creadas por el desarrollo latinoamericano.
- Para el año 2024, las interfaces de usuario habilitadas con IA y la automatización de procesos reemplazarán un cuarto de las aplicaciones basadas en pantalla de hoy en América Latina; para 2022, el 25% de las empresas utilizarán tecnología de conversación para hablar con el cliente y el 80% de las 1000 principales empresas en América Latina usarán tecnologías y herramientas multicloud/híbridas.

Investigación empírica

Se realiza una investigación empírica con un abordaje cualitativo y empleando la técnica de recolección de datos de grupo focal, con el objetivo de analizar la profesión de Ingeniería de Software, su evolución y sus campos de acción a nivel nacional e internacional. Los grupos focales son un medio ideal para explorar preguntas de investigación relacionadas con algún tema de interés en particular, debido a que a menudo las personas forman una opinión o toman una decisión a través de la interacción con los demás. Al reunir a personas de antecedentes y experiencias similares para participar en una entrevista grupal sobre los principales problemas que los afectan, proporcionan datos de alta calidad en un contexto social donde las personas pueden considerar sus propios puntos de vista en el contexto de las opiniones de los demás.

El grupo focal se realizó en las instalaciones del Centro de Educación Abierta y a Distancia (CEAD) de la Universidad Autónoma de Baja California, en la ciudad de Mexicali, Baja California. El perfil de los participantes consideraba académicos distinguidos en la investigación en el área de ciencias de la computación, en particular en trabajos que involucren el diseño y desarrollo de software de calidad y que involucren las tendencias tecnológicas más relevantes de la UABC. En la tabla 3 se describen las áreas de conocimiento y las unidades de adscripción de los siete participantes del grupo focal.

Tabla 3

Participantes del grupo focal

No.	Áreas de conocimiento	Unidad de adscripción
1	Tecnologías educativas	Instituto de Ingeniería, UABC
2	Interacción Humano-Computadora	Facultad de Ingeniería Mexicali, UABC
3	Tecnologías emergentes	Facultad de Ciencias Administrativas y Sociales, UABC
4	Desarrollo de software	Facultad de Ciencias Químicas e Ingenierías, UABC
5	Educación a distancia	Centro de Educación Abierta y a Distancia, UABC
6	Innovación y desarrollo tecnológico	Facultad de Contaduría y Administración, UABC
7	Desarrollo de software	Facultad de Ingeniería Mexicali, UABC

Nota: Elaboración propia.

El grupo focal se dividió en cuatro momentos principales que dieron respuesta a las siguientes interrogantes:

Momento 1 de discurso (Categoría: Contexto de la profesión)

- ¿Cuáles son las profesiones afines con las que comparte su ejercicio el ingeniero en software?
- ¿Cuál es el entorno de la profesión del programa educativo de ingeniero en software?
- ¿Cuáles son las prácticas que caracterizan la Ingeniería en Software?

Momento 2 de discurso (Categoría: Prospectiva de la profesión)

- ¿Cuáles son los campos de acción a nivel nacional e internacional de la Ingeniería en Software?
- ¿Cuál es la prospectiva de la profesión en el contexto nacional e internacional?

Momento 3 de discurso (Categoría: Evolución de la profesión)

- ¿Cuál es el avance científico y tecnológico de la Ingeniería en Software?
- ¿Cómo ha evolucionado la Ingeniería en Software en el contexto nacional e internacional?

Momento 4 de discurso (Categoría: Competencias de la profesión)

- ¿Cuáles conocimientos, habilidades, actitudes y valores deberán poseer los ingenieros en software?

En un área académica donde el conocimiento cambia y avanza a pasos agigantados, como el área de la computación y el desarrollo de software, es importante contar con la visión de académicos-investigadores encargados de generar conocimiento e impulsar el avance científico en el área sobre cuál será el papel de los profesionales del desarrollo de software en los próximos años. A continuación, se muestran los resultados del grupo focal (por categoría):

Contexto de la profesión

“Poder absorber las emergencias cuando ocurran algunas lo que han hecho [las universidades] es crear especializaciones, otras lo que han hecho es crear cursos, otras cuando la emergencia ya es suficientemente fuerte buscan entonces plantear todo un programa”

“[...] tomando en cuenta el comportamiento de la industria local encontramos que la industria local, es mi percepción, es una industria que al momento se ha completado de una manera lo más tradicional y esa manera tradicional me refiero a que las metodologías tradicionales han sido útiles”

“[...] una gran tendencia la famosa de Box es una metodología ágil, implica literalmente meter a todo departamento de desarrollo y operación a trabajar en conjunto y buscar una solución, cosa que no pasa, no es común, digamos es la tendencia nueva”

“No muy clara definición de un informático, una ingeniería en sistemas computacionales, un ingeniero en computación a la hora de contratación, estas páginas de reclutamiento te dicen, ingeniero en sistemas, ingeniero en sistemas computacionales, ingeniero en computación o informática o área fin, para alguno de los perfiles”

“Está la ingeniería en computación que tiene un componente de cuestiones de electrónica y cuestiones de computación hardware y de software y en el ámbito laboral exigen más de software hoy como está conformada la economía, pero eso no quiere decir que la carrera no deba de ser así, es un perfil, pero entonces hay cierta tendencia a decir ‘oye pagamos más en el área de software’, es donde estoy demandando como empleado”

“La maquila con centro de innovación puede impactar, en Tijuana hay empresas extranjeras con desarrollo de software en México, pero la inversión de desarrollo de productos es de marketing digital (social reality) tiene la cultura Silicon Valley. También hay empresas de análisis de datos y realidad virtual, con un departamento propio. Samsung tiene un departamento de desarrollo tomando como base el modelo de desarrollo que usa Google”

Prospectiva de la profesión

“Qué entendemos por desarrollo de software y a la industria que entiende, la gente que viene saliendo de preparatoria técnica son capaces de desarrollar software, pero por la limitante del tiempo [...] no traen las habilidades y las técnicas que profesionalizan el desarrollo de software... son buenos programadores, pero hasta ahí”

“lo que necesitamos es aclarar y aclararnos lo que entendemos como desarrollo de software y cómo se diferencia los diferentes perfiles de desarrollo de software, de acuerdo con la industria y las necesidades... a los problemas a solucionar”

“Los perfiles se van identificando conforme la industria se va especializando, es una base importante, nos está diciendo hacia dónde va o hacia dónde ir, hacia dónde realmente nos estamos yendo”

“Una evidencia de la madurez de las empresas se evalúa en la solicitud de empleados”

“Es un fenómeno en altibajos, impulsar que, sí se tengan especialistas en software, debemos impulsar la ciencia de datos... Hay carreras de Ingeniería de Ciencias de Datos, en ninguna de las carreras hay un perfil que le apueste a esta área, también está desatendida la inteligencia artificial, y qué perfil va a dar la especialidad”

“Esto es un modelo en espiral y lo importante es la variable de tiempo. Debemos tener la capacidad de atracción, nosotros podemos tener la industria que queramos”

“Generar ingenieros de software desatará la atracción de una industria, desarrollo de profesionales en ciencia de datos. ¿Qué se requiere? ¿Generar programas o capacitación?”

Evolución de la profesión

“Estamos limitados con el conocimiento de cómputo hacia dónde debiera un nuevo perfil marcar tendencias de egreso hasta dónde comparte conocimiento con otros perfiles ya establecidos [...]”

“Difícilmente vamos a poder influir en los empresarios, pero sí podemos influir en los estudiantes, podemos plantear cuál podría ser una industria no deseable o hacia dónde va la industria local y entonces darle una formación más cargada o para que cuando lleguen a esa industria, eso que traen vaya cambiando, porque ellos son los que le van haciendo bien”

“La industria no es capaz de acoplarse a los cambios tecnológicos. La formación de un ingeniero de software, habilidades suaves... para desempeñarse en un medio cambiante”

“Madurez de datos de las empresas locales, el contexto de la empresa local no abona a un perfil de desarrollo tecnológico. La regionalización de habilidades responde de manera óptica de lo que pasa afuera... Las habilidades regionales son menos que a nivel internacional”

“Es relevante abrirse fuera de la región, en esta profesión es necesario el trabajo a distancia porque no necesariamente estás aquí”

“Los grupos principales de desarrollo no están en México, aquí es maquila de programación. La nueva industria de desarrollo de aplicaciones móviles o de consumo local no es una industria muy madura, no exige cosas complejas. Pero hay jóvenes que forman empresas y se oferta múltiples servicios”

Competencias de la profesión

“una visión básica de la formación que debe tener un estudiante independientemente de hacia dónde cambiarlo, ciertas metodologías, ciertas metodologías, eso es contextual”

“Hay toda un área de finanzas tecnológicas que no has explorado, que han dejado detrás del desarrollo de esta parte los programas de estudio”

“Hay diferentes perfiles diferentes necesidades de desarrollo de software y en un equipo hay diferentes necesidades, entonces si empezamos a diferenciar y a reconocer esas diferencias, nosotros en la universidad que nos toca para reconocer esos perfiles”

“Tendríamos que basarnos en un aprendizaje relacionado a problemas, realmente escuchar a los empleadores de aquí de la región, realmente cuál es el tipo de Ingeniero de Software que necesitan”

“Desarrollo en la industria para aprender, inteligencia administrativa”

“Desarrolladores de inteligencia artificial”

“Toda un área de finanzas tecnológicas que no se ha explorado, como a ciencias de los datos”

“Análisis de datos es el perfil requerido ya que no tenemos muchas experiencias en eso... Aprendizaje basado en problemas y escuchar a los empleadores. Minería de datos y no se encuentra a nivel licenciatura”

“Dividir habilidades básicas o blancas que no deben dejar de existir de las que son habilidades y conocimiento de moda. Asociadas con el software que requieres para desarrollar. Si se define un conocimiento base correcto los caprichos de moda pueden irse ofertando en optativas”

“Más laboratorios, más integración con empresas (prácticas) y hacerlo transversal, el trabajo debe ser de acuerdo con una aplicación del conocimiento real. En cada cosa que se haga debe ser como se realiza la profesión”

“Las habilidades blandas deben ser transversales, es decir, deben ser cosas en cada una de las materias de forma evolutiva”

“Incluir en materias obligatorias desde la filosofía, la sociología. Como competencias transversales. No definirlo como materias si no trasversal en todo el programa”

“La competencia de comunicación debiera ser algo importante en la profesión. Necesitamos el desarrollo de habilidades efectivas. Por qué se tiene que ir a buscar fondos, a solicitar, etc... Comunicar problemáticas”

Hallazgos y prospectiva de la profesión

La Ingeniería de Software sigue teniendo aplicación en las áreas típicas en las que se ha desarrollado, sin embargo, en los últimos años han surgido nuevas tecnologías, mientras que otras han repuntado, y se visualiza una necesidad de ingenieros de software que contribuyan a la solución de problemas en estas áreas. El uso de dispositivos móviles sigue en crecimiento, y de igual forma, la necesidad de software que sirva para aprovechar estos dispositivos. Hoy en día, se puede decir que los dispositivos móviles están sustituyendo a las computadoras de escritorio en varios ámbitos. Es necesario desarrollar aplicaciones que permitan utilizar el dispositivo móvil y mejorar el desempeño de las aplicaciones existentes en otras plataformas.

En el área de finanzas, en los años recientes ha habido un crecimiento en el uso de las criptomonedas, y se visualiza un cambio mayor. Actualmente, las compañías dedicadas a su desarrollo requerirán de ingenieros que desarrollen la tecnología *blockchain* (cadenas de bloques), esencial en su uso.

Por su parte, un área que ha repuntado recientemente es la inteligencia artificial. En los últimos años se ha visto un crecimiento en el uso y generación de conocimiento en tecnología relacionada con esta, y sigue teniendo su tendencia. Los ingenieros de software tendrán gran actividad desarrollando inteligencia artificial para agentes que actúen en la industria, para reconocimiento de patrones y lenguaje natural, entre otros. Existen muchos usuarios de tecnología que diariamente generan información, la cual puede conservarse gracias a los avances actuales. La información es esencial para la IA, y para poder extraer información útil de los grandes volúmenes que existen es necesario hacer una minería de datos y, por lo tanto, contar con ingenieros que desarrollen sistemas para hacerlo, así como sistemas de IA que aprovechen dichos datos.

Se habla sobre el crecimiento en la actual cuarta revolución industrial o Industria 4.0. Cada una de las revoluciones industriales identificadas se caracteriza por algún descubrimiento o el surgimiento y uso de alguna tecnología que cambia la forma de trabajar de

la industria. En el caso de la Industria 4.0, se combina el uso de diferentes tecnologías tales como las telecomunicaciones y el internet de las cosas (IoT, por sus siglas en inglés), cómputo en la nube (*cloud computing*) y datos masivos (*big data*), para crear productos y servicios mejorados, reducir los costos y mejorar la productividad (Petrasch & Hentschke, 2016). Un elemento inherente en el desarrollo de la industria 4.0 es el desarrollo de software que combine los diferentes elementos mencionados y tome sus ventajas para lograr fábricas o manufactura inteligentes deseada en la Industria 4.0.

El desarrollo de software se está convirtiendo en una de las disciplinas más importantes de nuestro tiempo, y se proyecta así por muchos años más, debido a que nuestra sociedad adquiere cada vez más productos electrónicos que requieren de algún tipo de software para su funcionamiento. En los países más industrializados, la actividad de desarrollo de software representa gran parte de la economía; en los Estados Unidos aporta un billón de dólares al producto interno bruto y genera 9.8 millones de empleos. La industria del software invierte \$52,000 millones de dólares en investigación y el ingreso promedio de los Ingenieros de Software es más del doble del promedio de otras ocupaciones (BSA, 2016).

En México, la industria del software se encuentra en desarrollo dentro de algunos estados del país principalmente. Algunas de las ventajas competitivas que presenta es la capacitación de mano de obra calificada, la ubicación geográfica con uno de los países con mayores requerimientos de software y el acceso a los principales mercados a nivel mundial. México se posiciona como el cuarto exportador de servicios de tecnologías de información a nivel mundial y ha sido calificado como el sexto mejor destino para la subcontratación de servicios, incluyendo el desarrollo de software (SE, 2016).

La profesión de la Ingeniería de Software a nivel mundial se encuentra en una etapa de madurez, producto de la evolución del mercado. El ingeniero de software puede contribuir de manera indirecta para apoyar en la satisfacción de distintas necesidades sociales, como son las consideraciones de salud, de infraestructura, de seguridad, de educación, entre otras, a través del desarrollo de nuevos productos de software o la adecuación de productos ya existentes dentro de cualquier organización pública o privada.

Entre los servicios que ofrecen las empresas dedicadas al desarrollo de software en Baja California se encuentra la consultoría en TI, el desarrollo de software a la medida, los servicios de outsourcing, la venta de productos no propios y otros servicios. Esta información proporciona elementos para delinear características del perfil de egreso del ingeniero de software pertinentes a las necesidades del contexto, las cuales se orientan al surgimiento de tecnologías aplicables a la vida diaria como la inteligencia artificial, ciencia de datos, internet de las cosas, robótica, aplicaciones móviles, ciberseguridad, realidad virtual, realidad aumentada, sistemas autónomos de mensajería, entre otros (Axis, 2019; INEGI, 2019).

Conclusiones

La globalización que proporciona Internet y el creciente avance en las comunicaciones apoyaría la evolución de las economías, como consecuencia, las organizaciones deberán desarrollar la habilidad de competir, adaptarse y sobrevivir en el mercado globalizado; un apoyo importante para lograrlo es la integración de sistemas de software con calidad en sus organizaciones, para ello, es importante que esta integración sea multicultural, es decir, trabajo en conjunto entre la Ingeniería de Software y otras áreas profesionales.

El crecimiento computacional (aparatos pequeños con gran poder de procesamiento) seguiría vigente al menos durante los próximos veinte años, por lo tanto, la Ingeniería de Software tendrá que resolver problemáticas sobre cómo manejar el desarrollo para la abundancia computacional y cómo integrar estos dispositivos a las diferentes áreas de la industria y la educación. En consecuencia resulta crucial la generación de nuevos conocimientos, la creación de nuevas herramientas y la oportunidad para las Instituciones de Educación Superior de crear nuevos programas de estudio y capacitación en competencias laborales para los jóvenes bajacalifornianos. Finalmente, el uso de biochips, vehículos autónomos nivel 5, tecnología 5G, inteligencia artificial, entre otras, alcanza plenamente sus objetivos. En este sentido, habrá una influencia mutua, lo que permite la implementación de los conocimientos sobre desarrollo de software. Con lo anterior, se puede establecer que la Ingeniería de Software seguirá siendo relevante al menos por los próximos veinte años.

Referencias

- Alfaro, A.H., & Alemán, P.O.M. (2008). México: ¿una apuesta estratégica por la industria del software? *Comercio Exterior*, 58(5), 335-349.
- AXIS Centro de Inteligencia Estratégica (2019). *AXIS Vantage Point: BAJA i4.0*. <https://vp.inteliaxis.com/>
- Baller, S., Dutta, S., & Lanvin, B. (Eds.). (2016). *The Global information technology report 2016. Innovating in the Digital Economy*. World Economic Forum. <http://reports.weforum.org/global-information-technology-report-2016/>
- Boehm, B. (2006). A view of 20th and 21st century software engineering. En ICSE'06, *Proceedings of the 28th international conference on Software engineering* (pp. 12-29). Association for Computing Machinery. <https://doi.org/10.1145/1134285.1134288>
- Bourque, P. & Fairley, R.E. (Eds.). (2014). *Guide to the Software Engineering Body of Knowledge, Version 3.0*. IEEE Computer Society.
- BSA | The Software Alliance (2016). *The Economic Impact of Software*. <https://softwareimpact.bsa.org/>

- Conferencia de las Naciones Unidas sobre Comercio y Desarrollo (UNCTAD). (2017). *La ciencia, la tecnología y la innovación como catalizadores de los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. https://unctad.org/system/files/official-document/ciid36_ES.pdf
- Hualde, A. (2019). El trabajo y el empleo en la era digital: ¿una nueva ola de precarización? *QUIT Working Paper Series*, 24. https://ddd.uab.cat/pub/worpaper/2019/211213/WP24_Hualde-trabajo_y_empleo_en_era_digital_revAH.pdf
- Hualde, A., & Gomis, R. (2006). El clúster de software en Baja California: Dinámica institucional. *Trabajo y reestructuración: Los retos del nuevo siglo. V Congreso nacional AMET*, Estado de Morelos, México.
- Hualde, A., & Gomis, R. (2007). PyME de Software en la frontera norte de México: Desarrollo empresarial y construcción institucional de un clúster. *Problemas del desarrollo. Revista Latinoamericana de Economía*, 38(150), 193-212.
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2015). *Información por entidad. Baja California*. <http://www.cuentame.inegi.org.mx/monografias/informacion/bc/poblacion/educacion.aspx?tema=me&e=02>
- Instituto Nacional de Estadística y Geografía (INEGI). (2019). *Encuesta Nacional de Ocupación y Empleo*. <https://www.inegi.org.mx/programas/enoe/15ymas/>
- KPMG. (2016). *Competitive Alternatives. KPMG's guide to international business locations costs*. Colliers International/MMK Consulting. http://mmkconsulting.com/compalts/reports/compalt2016_report_vol1_en.pdf
- Maicas, J. P., & Mata, P. (2011). ¿Nuevo escenario competitivo en la industria de la telefonía móvil? Compitiendo a través del iPhone. *Universia Business Review*, (31), 60-81.
- Martínez, G. (26 de diciembre 2017). TI de Baja California busca convertirse en líder nacional. *El economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/estados/TI-de-Baja-California-busca-convertirse-en-lider-nacional-20171226-0089.htm>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2015). *ONU llama a superar brechas en el uso de las TIC*. <https://www.un.org/development/desa/es/news/administration/wsis10.html>
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2018). *Instituciones públicas para los objetivos del desarrollo sostenible*. <https://publicadministration.un.org/es/ict4d>
- Perry, T. (2017). Software Engineering Jobs Dominate List Of Best Careers For 2017. *IEEE Spectrum*. <https://spectrum.ieee.org/view-from-the-valley/at-work/tech-careers/software-engineering-jobs-dominate-list-of-best-careers-for-2017>
- Petrasch, R., & Hentschke, R. (2016). Process modeling for industry 4.0 applications: Towards an industry 4.0 process modeling language and method. In: *2016 13th International Joint Conference on Computer Science and Software Engineering (JCSSE), 2016*. IEEE <https://doi.org/10.1109/JCSSE.2016.7748885>

- Riquelme, R. (2019a). ¿Cómo le irá a la industria TIC en México en el 2019? *El economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/tecnologia/Como-le-ira-a-la-industria-TIC-en-Mexico-en-el-2019-20190210-0009.html>
- Riquelme, R. (2019b). Sector de tecnologías de la información crecerá menos este 2019. *El Economista*. <https://www.eleconomista.com.mx/empresas/Sector-de-tecnologias-de-la-informacion-crecera-menos-este-2019-20190207-0022.html>
- Sánchez, C.A.F., Lagarda, A.M., Angulo, N.R., & Barceló, J.G.A. (2017). La construcción del clúster de TIC en el desarrollo regional de Baja California. *Interciencia*, 42(2), 132-139.
- Secretaría de Economía (SE). (2016). *Tecnologías de la Información (TI)*. <http://www.2006-2012.economia.gob.mx/comunidad-negocios/industria-y-comercio/informacion-sectorial/tecnologias-de-la-informacion-ti>
- Universidad Autónoma de Baja California (UABC). (2017). *Plan de Desarrollo 2017-2020*. <https://ingenieria.mxl.uabc.mx/index.php/plan-de-desarrollo>
- Valdés-Hernández, R.C., Arcos-Vega, J.L., & González-Navarro, F.F. (2017). Análisis del desarrollo del software en pequeñas y medianas empresas (PYMES) del estado de Baja California, México. En N. Callaos, S. Castro, A. Guimarães, B. Sánchez, & A. Tremante (Eds.), *CICIC 2017 - Séptima Conferencia Iberoamericana de Complejidad, Informática y Cibernética, Memorias* (pp. 159-164). International Institute of Informatics and Systemics.
- Villate, R. (2019). *IDC FutureScape: Latin America IT Industry 2019 Predictions*. IDC.

Capítulo 4

La innovación didáctica apoyada en TIC, con acceso y software libre

Aidee Espinosa Pulido y Clotilde Lomeli Agruel

Este capítulo comparte la experiencia de alumnos de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, de la Universidad Autónoma de Baja California, con el uso y trabajo con software libre, como una estrategia didáctica utilizada por sus docentes.

La importancia en la construcción del conocimiento y la mejora de la práctica profesional docente permite la conexión entre los saberes del aula y el uso de la tecnología a favor de los aprendizajes. Como parte de la cotidianidad del trabajo académico, apoyado con recursos tecnológicos, se presenta la experiencia de los autores con la aplicación de objetos de aprendizaje y el uso de software de código abierto conocidos como software libre, entre los que se enfatiza el uso de Google Chrome, FreeMind, y eXelearning. Además, se presenta una revisión documental sucinta sobre conceptos como innovación didáctica, tecnología como recurso didáctico, objetos de aprendizaje, entre otros.

Se utiliza la tecnología como parte del planteamiento didáctico dentro de algunas asignaturas de los programas educativos: Licenciatura en Docencia de la Lengua y la Literatura (LDLL) y Licenciatura en Asesoría Psicopedagógica (LAP) que se imparten en la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa de la Universidad Autónoma de Baja California. Se muestran algunos resultados que exponen la efectividad de su empleo dentro del aula.

Innovación didáctica

El concepto de innovación didáctica con tecnologías de la información y la comunicación (TIC) refiere a cualquier proceso deliberado y sistemático que busca introducir cambios en la práctica educativa actual. El objetivo es alcanzar una innovación didáctica que esté



apoyada en la tecnología, y no al contrario (Valverde, 2007, p.51). Por ello, los softwares como herramienta didáctica han ido ganando terreno en el ámbito educativo; lo importante es utilizarlos de manera práctica y delimitada en busca de resultados esperados.

Las TIC, mediante el uso de software libre en el aula, generan un alto impacto por varias razones: Fomentan la creatividad, inspiran a crear cosas nuevas (software mejorado), el acceso al código fuente permite aplicar la creatividad y la innovación en busca de mejoras o adaptaciones a necesidades propias, el razonamiento lógico cuando estudia una determinada aplicación brinda la posibilidad de crear nuevas y mejoradas soluciones (Vallejo & Guevara, 2017). El acceso al aprendizaje, en las escuelas actuales, tiene un índice elevado de uso de aplicaciones para brindar una experiencia simulada, por lo que la tecnología ofrece la posibilidad que la experiencia real en ocasiones no consigue.

Aprovechamiento de la tecnología como recurso didáctico

Traverso et al. (2013) señalan que la tecnología impulsó “acelerada y escasamente planificada, a que las instituciones educativas de todos los niveles adquirieran equipamiento informático y luego conexiones a Internet” (p.1), con una tendencia que se inclinaba a que la sola presencia de los recursos tecnológicos generaría mejoras en la calidad educativa. Los docentes del siglo XXI deben contar con un perfil que cubra un espectro amplio de competencias, con relación al uso de los nuevos recursos tecnológicos y con dominio de las aplicaciones que puedan servir a este fin, como el manejo de las herramientas de la Web 2.0. Es importante destacar los cuatro pilares en los que se basa este espacio virtual, para sacar mayor provecho de estos (Traverso et al., 2013):

1. *Redes sociales*: herramientas diseñadas para la creación de espacios que promuevan la conformación de comunidades e instancias de intercambio social. Ejemplos: Facebook, Myspace y Twitter.
2. *Contenidos*: herramientas que favorecen la escritura en línea, así como su distribución, intercambio y publicación de videos y audios. Incluyen los procesadores de textos en línea, plataformas para almacenar y publicar fotos, y presentaciones de diapositivas. Ejemplos: blogs y wikis.
3. *Organización social e inteligente de la información*: herramientas y recursos para etiquetar e indexar, que facilitan el orden y almacenamiento de la información. Ejemplo: buscadores que integran sistemas de rastreo u organización de información como Tags y los lectores RSS.
4. *Aplicaciones y servicios (mashups)*: en esta clasificación se incluyen herramientas, software, plataformas en línea y un híbrido de recursos creados para ofrecer servicios de valor añadido al usuario final. Ejemplo: Google Earth y WebTop (herramientas de ofimática).

Dormido y Torres (2010) precisan que el dominio *www* consiste en una simulación “que permite plantear nuevos paradigmas de enseñanza distribuida y remota” (p.5), a la que se le puede considerar como “una convergencia de metodologías y aplicaciones de simulación por computador” (p.5). La simulación basada en web se define como el empleo de los recursos tecnológicos de World Wide Web (*www*) “para la interacción con herramientas de simulación localizadas tanto del lado del cliente como del servidor”. Por ello, los navegadores *www* recurren a interfaces gráficas que conectan al usuario con la simulación. A estas simulaciones basadas en Web suelen denominarse laboratorios virtuales, donde lo virtual tiene una connotación en contraposición de lo real, lo que resulta benéfico para la formación académica. Su uso nos resulta ya común, por lo que en la comunidad académica es una herramienta de frecuente uso. Aunado a estos dominios, las instituciones buscan que los docentes tengan acceso a softwares libres por la practicidad y economía que esto representa.

Acceso abierto

Para Arriola (2011), “El término *open access* o acceso abierto se refiere a cualquier iniciativa, proyecto o acción que favorezca y promueva el libre acceso a través de Internet a las publicaciones científicas y/o académicas” (p.27). Además, señala que “el término acceso abierto tiene que ver no sólo con el acceso libre y gratuito a las publicaciones sino con los derechos del autor sobre el mismo” (p.27).

De acuerdo con Valverde (2009), “Las universidades en todo el mundo están descubriendo en el software libre una adecuada solución a sus necesidades de programas informáticos para la gestión de los aprendizajes, especialmente a través de los denominados LMS (Learning Management Systems)” (p.142). Esto se debe a que es más económico y eficiente preferir un software de código fuente abierto que pagar cuantiosas licencias anuales por productos cerrados y escasamente flexibles, que no siempre resuelven las necesidades de las instituciones.

Melleros (citada en Arriola, 2011) destaca la tipología de acceso abierto, dividiéndola de acuerdo con el origen de los documentos publicados:

1. Artículos de revistas que facilitan el acceso a sus contenidos, o que son incluidos en bases de datos.
2. Publicaciones de acceso abierto, en las que los derechos de *copyright* los retiene el autor y paga por la publicación de su artículo; con ello garantiza su acceso a la comunidad científica.
3. Artículos que aparecen en publicaciones de acceso abierto de dominio público, en las que el autor no paga por la publicación de sus trabajos.
4. Modelo híbrido entre el clásico pago por suscripción y pago por publicación.

De acuerdo con Rosa y Heinz (2007, citados en Arriola, 2011), el software libre es “un *software* o programa de computación cuya licencia nos permite ejercer una serie de libertades” (p.35). Es decir, es una fuente abierta que permite trabajar bajo cuatro libertades esenciales:

1. Libertad de ejecutar el programa sea cual sea el propósito (libertad 0)
2. Libertad de estudiar cómo funciona el programa para ajustarlo a las necesidades (libertad 1) [teniendo acceso al código fuente].
3. Libertad de redistribuir copias, colaborando con otras personas (libertad 2).
4. Libertad de modificar, de tal forma que la comunidad pueda aprovechar las mejoras (libertad 3). (Stallman, citado en Arriola, 2011, p.35)

Burgos (2010) señala que el término REA —recursos educativos abiertos—, acuñado por la UNESCO (2002), tiene como objetivo ofrecer de forma abierta recursos educativos por medio de las TIC, para su consulta, uso y adaptación con fines no comerciales.

un REA puede contener un tema, una unidad de contenido, un objetivo, así como distintos metadatos identificados como descriptores del recurso educativo, el cual puede ser desarrollado con el soporte de las TIC de forma que se posibilite su reutilización, interoperabilidad, accesibilidad y continuidad de uso y aprovechamiento en el tiempo. (Burgos, 2010, pp.3-4)

Algunos ejemplos de iniciativas que buscan facilitar la disseminación digital de REA a través de mecanismos de búsqueda, catalogación y/o clasificación son:

- *OER Commons* es creado para apoyar y construir una base de conocimiento en torno al uso y aprovechamiento de los recursos educativos abiertos (REA) facilitando una red para la enseñanza y el aprendizaje
- *Merlot* busca ser un portal de vanguardia centrado en el usuario, y opera a través del registro de materiales de aprendizaje disponibles en Internet, los cuales son catalogados por los mismos usuarios registrados en el sitio web.
- *Intute* es un servicio gratuito para buscar recursos educativos para el aprendizaje y la investigación disponibles en la web; es un consorcio integrado por las siguientes Universidades: Birmingham, Bristol, Heriot-Watt, Manchester, Metropolitana de Manchester, Nottingham y Oxford.
- *Temoa* es una iniciativa generada por el Tecnológico de Monterrey que proporciona un catálogo público multilingüe, y facilita un motor de búsqueda que permite al usuario descubrir recursos selectos, usando metadatos enriquecidos por expertos

y bibliotecarios, con mecanismos de búsqueda por facetas y herramientas de socialización para ayudar a profesores y estudiantes a encontrar los mejores recursos para sus necesidades educativas [...] (Burgos, 2010, p.7)

Experiencia con software libre y objetos de aprendizaje

Experiencias con software libre (Firefox y Chrome)

Monistrol y Codina (2007) señalan que el año 2007 fue el año de la aparición de los navegadores *de segunda generación*, entre ellos Firefox, que fue “el segundo más usado a nivel global según las estadísticas, cifrándose su cuota de mercado global en alrededor de un 20%” (p.261), lo que lo señala desde entonces como uno de los principales navegadores de consulta, casi con igual competitividad a nivel mundial entre Explorer y Opera.

Firefox es el que dispone de un mayor número de agregaciones. Una de las razones tiene que ver con la propia filosofía para su construcción: el código abierto. Precisamente su libertad de acceso permite a cualquier diseñador construir su propia agregación o extensión y ofrecer en el sitio de Firefox (Monistrol & Codina, 2007, p. 264)

Firefox se posicionó en el lugar número tres de los navegadores más usados en el mundo con un 4.09% de los puntos; por su parte, Chrome es el primer navegador más usado en el mundo con aproximadamente el 66.34% de la cuota de mercado de navegadores web, según reporte de septiembre de 2020, y también el segundo más usado en Europa (figura 1) (Statcounter, 2020).

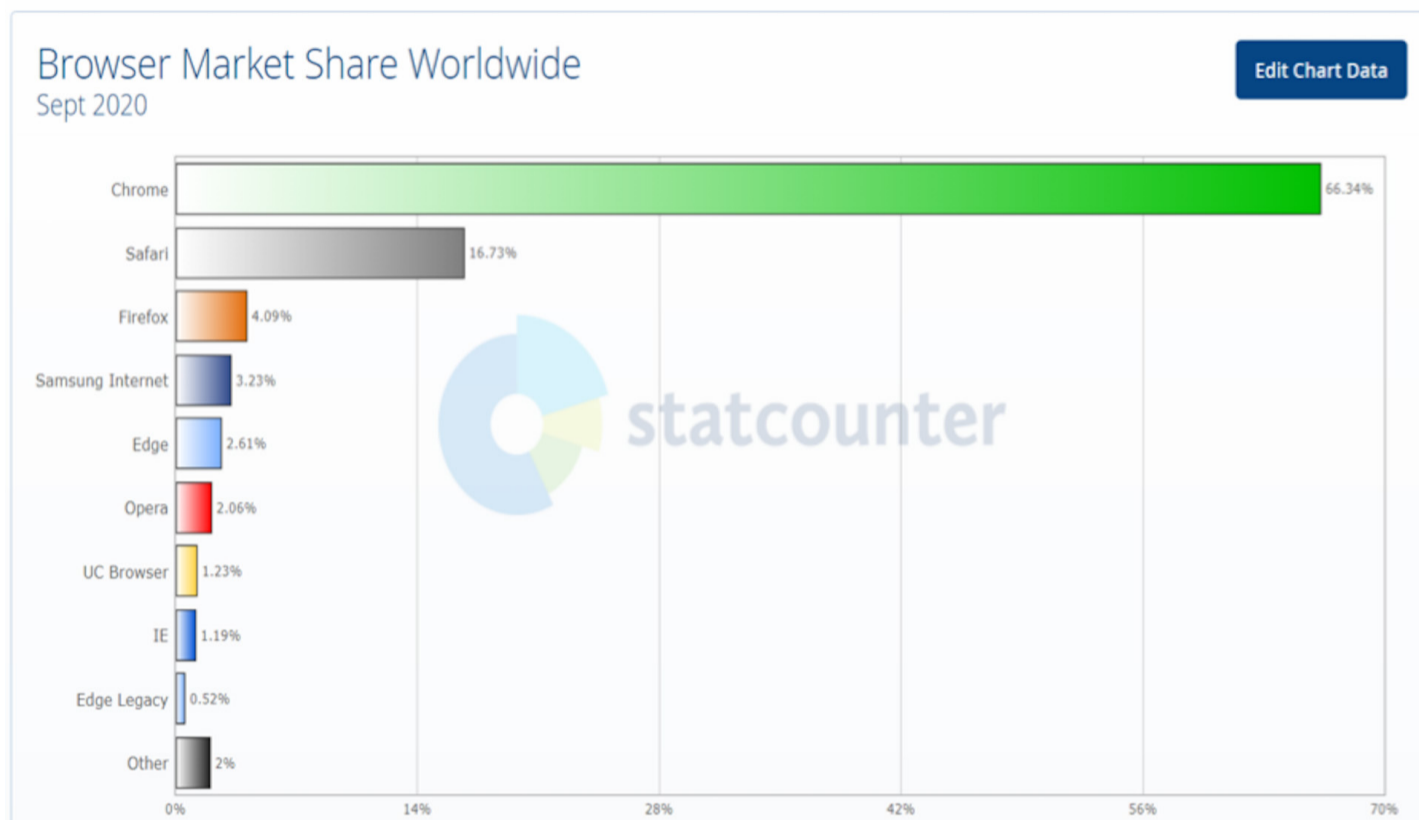
Según lo señalan Ávila y Martínez (2016), la sistematización “se entiende como el proceso por el cual se pretende ordenar una serie de elementos, pasos, etapas, etc., con el fin de otorgar jerarquías a los diferentes elementos” (p.204) que son de apoyo en los datos que buscan los estudiantes para sus consultas académicas, de ello se desprende que la mayor parte de la información la obtienen de extensiones y aplicaciones web de Google Chrome y complementos de Mozilla Firefox.

En nuestra experiencia de trabajo en la utilización de un navegador, apunta hacia Google Chrome, como la aplicación web más usada por los estudiantes, por lo que se ha convertido en una herramienta constante para apoyo a los contenidos señalados en programas de unidad de aprendizaje. Los alumnos suelen recurrir a este navegador para consultas en la elaboración de tareas, trabajos e investigaciones. Incluso este navegador se estima sobre la consulta bibliográfica u otras fuentes impresas.

En una encuesta aplicada a los estudiantes de dos grupos de primer semestre durante el ciclo 2020-2 de la Facultad de Pedagogía, el 100% de cuarenta y dos estudiantes refirieron usar Google Chrome para consultar y resolver tareas y trabajos.

Figura 1

El uso de navegadores a nivel mundial



Nota: Statcounter (2020).

Experiencias con software libre: FreeMind

Para poder comprobar la comprensión de textos, en varias de las asignaturas impartidas, el apoyo en software es un tema no solo de actualidad sino de realidad; en específico, FreeMind es una herramienta con la que se puede crear y editar mapas de manera muy práctica en el ámbito educativo. El programa FreeMind ha sido diseñado para poder realizar mapas mentales y conceptuales que ayudan a entender temas o tópicos educativos, e incluso a resolver problemas de muy diversa índole. Es un buen auxiliar para exponer de una forma más clara los problemas, llegando más fácilmente a la solución de estos. Además, se puede utilizar con la intención de buscar ideas creativas ante un desafío determinado (FreeMind, 2020).

Su funcionamiento es realmente sencillo; primero hay que abrir el programa, para ello, se debe acceder a la carpeta de FreeMind, y hacer doble clic sobre el archivo con el nombre de “freemind.jar”. Después habrá que especificar el tema central alrededor del cual va a girar el mapa mental, creando un nuevo “Nodo Infantil”. El título del tema se puede editar dando a las letras diferentes tipografías y tamaños. Para ir relacionando ideas con el tema central, hay que hacer clic en el botón derecho del ratón y escoger la opción “agregar nodos infantiles”. Añadir y suprimir elementos es realmente sencillo (FreeMind, 2020).

El mapa mental sirve para mostrar el panorama del tema que se está estudiando o investigando, de tal manera que, orienta a su creador a los rumbos a seguir o cambiar, apoyándose además en aclarar ideas (Prado, 2018). Por ello, resulta más práctico diseñar con uso de las TIC, mediante el software FreeMind, que delinear manualmente. Además, el resultado de la presentación es más formal y entendible para los trabajos académicos. Logrando con ello tener más comprensión sobre el contenido que los textos brindan.

En un ejercicio planteado a los estudiantes de dos grupos de la materia de Taller de Estrategias de Lectura en el ciclo 2020-1, se le solicitó a un grupo hacer un mapa mental con formato libre sobre un texto y a otro mediante la herramienta FreeMind; después de la actividad se aplicó un mismo cuestionario a los dos grupos sobre la información contenida en el documento, los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Resultado de cuestionario sobre elaboración de mapa mental

Resultados	Grupo 1 con formato libre	Grupo 2 con FreeMind
Excelente	14%	18%
Bien	45%	50%
Regular	27%	22%
Mal	14%	10%

Nota: Elaboración propia.

Con este ejercicio se pudo comprobar que con la herramienta FreeMind, al organizar y relacionar la información, se logra una mayor comprensión del contenido del texto y, como consecuencia, se afianza la información contenida en este.

Experiencias con objetos de aprendizaje y software libre eXelearning

En este apartado se aborda la aplicación de la perspectiva teórica de los objetos de aprendizaje (OA) y el empleo del software libre eXelearning, los cuales han sido utilizados en diversas asignaturas del programa educativo LAP. En particular, se describe la experiencia de incorporar los OA y el software libre eXelearning en una estrategia de enseñanza guiada por la pedagogía del aprendizaje cooperativo (Johnson & Johnson, 2009) en la asignatura de Innovación Educativa en los contenidos sobre creatividad (Runco, 2014).

La producción e investigación de OA es un campo reciente. En el año de 2006 se creó la *Latin American Community on Learning Objects* (LACLO), organismo que promueve eventos académicos y el desarrollo de OA en la región.

Wiley (2002) realizó una extensa revisión de la literatura sobre los OA. Este autor define a los OA como unidades mínimas con sentido propio de contenido didáctico. Entre sus atractivos se encuentran su naturaleza reutilizable, granular e integrable con otros OA. En la literatura, se identifica el creciente interés por su aplicación en diversas disciplinas en la educación superior a distancia (Goodsett, 2020).

El software libre eXelearning es un editor de recursos educativos interactivos de código abierto y gratuito, se ofrece en varios idiomas, es pertinente para el desarrollo de OA. El software es intuitivo, por lo que los estudiantes no manifestaron dificultades importantes para su descarga y empleo.

La pedagogía del aprendizaje cooperativo a través de sus técnicas propicia en los estudiantes el desarrollo de habilidades para cooperar en pequeños grupos (Lomeli et al., 2018). Por la complejidad del diseño de instrucción empleado, los propósitos de aprendizaje del curso y la extensión de los contenidos, se optó por el trabajo en equipos con dicha pedagogía.

A partir de los referentes mencionados en los párrafos anteriores, se diseñó una estrategia de enseñanza en la asignatura de Innovación Educativa para abordar los contenidos sobre creatividad. La finalidad de esta estrategia de enseñanza fue doble, por una parte, que los estudiantes aprendieran activamente los contenidos y, por otra, aplicar sus habilidades docentes y el nuevo conocimiento en el diseño de OA dirigidos a estudiantes de educación secundaria y media superior.

La estrategia de enseñanza se llevó a cabo durante 15 semanas con un grupo de 23 estudiantes de LAP cursando su penúltimo ciclo escolar. La primera actividad que realizó el grupo fue dar respuesta a un cuestionario para identificar su conocimiento previo sobre los contenidos de creatividad y los OA, los resultados se presentan más adelante. En las primeras dos semanas, los estudiantes analizaron los principales enfoques teóricos y el estado del arte sobre el desarrollo de la creatividad en alumnos de educación secundaria y media superior. Además, los estudiantes del curso realizaron ejercicios y actividades de reflexión sobre los rasgos de su propia creatividad.

En las siguientes dos semanas, en la unidad II, se introdujo a los estudiantes al campo de los OA. Se analizaron sus características y se comentó acerca de varios repositorios.

En las últimas 11 semanas, en la unidad III, los estudiantes aplicaron sus habilidades docentes, el nuevo conocimiento sobre creatividad y los OA, así como el manejo del software libre eXelearning. Se formaron equipos, cada uno de ellos acordó el tema, siempre y cuando no se repitieran, y se desarrollaron un total de ocho OA. Cada equipo realizó por escrito el diseño instruccional y el guion, de manera previa a su producción.

Los equipos pasaron a la producción de los OA con el software libre eXelearning, además elaboraron una lista de cotejo y preguntas abiertas para evaluarlos con tres

usuarios potenciales, que cada equipo invitó a participar en esta actividad. Esta experiencia resultó muy positiva para los equipos, ya que identificaron de primera mano aspectos en sus OA que requerían ser mejorados. Los OA fueron corregidos, posteriormente, cada equipo los presentó en un centro escolar con estudiantes de educación secundaria y media superior, lo cual permitió a los equipos ampliar su experiencia al observar la interacción de los usuarios. Al finalizar el curso, cada equipo elaboró su reflexión de la experiencia y propuso un plan para el desarrollo de su propia creatividad.

Los resultados de esta estrategia de enseñanza son los siguientes: participaron un total de 23 estudiantes de los cuales dos eran hombres y el resto mujeres. El curso tuvo una duración de 15 semanas, divididas en tres unidades; las unidades I y II con duración de dos semanas cada una, y la tercera unidad con duración de 11 semanas. Como se mencionó, la primera actividad realizada por el grupo fue dar respuesta a un cuestionario para identificar sus conocimientos previos sobre creatividad, OA y manejo del software libre eXelearning.

Las respuestas de los estudiantes al cuestionario de conocimientos previos indicaron que ninguno de los 23 estudiantes conocía sobre los OA ni el software libre eXelearning. Además, ninguno de los estudiantes recordó algún autor o teoría sobre la creatividad. En preguntas abiertas se solicitó a los estudiantes escribir su concepto de creatividad. Al analizar las respuestas (Kerlinger, 1986) se identificaron cuatro temas con mayor frecuencia, estas son habilidad, idea, imaginación y solución de problemas; en ese orden de mayor a menor frecuencia, como se describe en la tabla 2.

Tabla 2

Temas presentes en las respuestas de los estudiantes sobre creatividad

Tema	Menciones (frecuencia)
Habilidad	17
Idea	10
Imaginación	7
Solución de problemas	5

Nota: Elaboración propia.

Al terminar las dos primeras semanas del curso, los estudiantes realizaron una autoevaluación con un cuestionario tipo Likert y preguntas abiertas. Las respuestas de los estudiantes sobre su concepción de creatividad fueron más elaboradas e incluyeron temas no presentes en sus respuestas de inicio del curso, como puede observarse en la

tabla 3. Los estudiantes mencionaron nuevos temas como: potencial creativo, proceso, original y útil, los dos últimos temas son características de la definición estándar de creatividad (Barron, 1955; Stein, 1953).

Tabla 3

Temas presentes en las respuestas de los estudiantes sobre creatividad al finalizar la Unidad I

Tema	Menciones (frecuencia)
Solución de problemas	5
Potencial creativo	8
Proceso	6
Original	6
Útil	3

Nota: Elaboración propia.

Además, los estudiantes mencionaron en sus respuestas a varios autores destacados en el campo de la creatividad, como son J. P. Guilford, M. A. Runco, T. Amabile, E. de Bono, M. Csikszentmihalyi, y A. Osborne.

Al terminar la primera unidad del curso, la mayoría de los estudiantes manifestaron encontrar motivante los contenidos del curso sobre creatividad. En la autoevaluación, 20 estudiantes afirman sentirse motivados, 22 participantes consideran que lo que están aprendiendo tiene aplicación en su vida profesional, 21 en su vida personal, y 21 se sintieron participando con equidad en las actividades de los equipos (tabla 4).

En su conjunto, ambos resultados —los conocimientos previos y la autoevaluación después de dos semanas de iniciado el curso— manifiestan un incremento en conocimientos en los estudiantes como lo muestra la cantidad de temas mencionados en sus conceptualizaciones. Los participantes expresaron sentirse motivados por el contenido, además, se involucraron activamente con equidad en las tareas de equipo.

Durante la segunda unidad del curso, con duración de dos semanas, se familiarizó a los estudiantes con diversos repositorios de OA, se analizaron las características, se hicieron búsquedas en español sobre creatividad y se abordó el diseño instruccional (Reigeluth, 2012). Las actividades se llevaron a cabo en sesiones plenarias y en equipos.

En la tercera y última unidad del curso, cada equipo desarrolló un OA sobre creatividad dirigido a estudiantes de educación secundaria y media superior. Los equipos de manera libre eligieron su tema con la condición de no duplicar con otros equipos. Todos los OA fueron desarrollados con el software libre eXelearning.

Tabla 4

Opiniones de los estudiantes sobre el contenido y el trabajo en equipo

Afirmaciones	Respuestas			
	Cierto	Casi cierto	Casi falso	Falso
Aprender sobre creatividad me motiva.	20	2	0	0
Lo que estoy aprendiendo en el curso tiene aplicación en mi profesión.	22	1	0	0
Lo que estoy aprendiendo en el curso tiene implicaciones en mi vida personal.	21	2	0	0
Participo con equidad en las actividades de equipo.	21	2	0	0

Nota: Elaboración propia.

El software libre eXelearning es intuitivo con una curva muy pequeña de aprendizaje, por lo que los estudiantes estuvieron en posibilidad en un corto tiempo de desarrollar sus OA. Los estudiantes elaboraron un total de ocho OA, los cuales fueron nombrados como *Motivarme para aprender más*, *Soy original*, *Las 4'c*, *Fluidez de ideas*, *Fluidez verbal*, *Los sombreros*, *Lluvia de ideas*, y *Adivina*, los cuales se dirigieron a estudiantes de educación secundaria y media superior.

Los equipos procedieron en dos etapas para mejorar sus OA. Primero, cada equipo invitó a tres alumnos para que de manera individual interactuaran con el OA y dieran respuesta a preguntas sobre el contenido y actividades que les ofrecía. Con esta información recabada, los equipos realizaron modificaciones. En la segunda etapa, los equipos llevaron los OA a centros escolares para probarlos con un mayor número de alumnos. De igual manera, los equipos realizaron observación y preguntas directas para identificar aspectos de mejora. La retroalimentación recibida por usuarios fue muy valiosa para los equipos. Recibieron diversos comentarios, por ejemplo aumentar ejercicios y juegos, disminuir textos, textos confusos, más opciones de interacción y más colores. En general, los alumnos en los centros escolares comentaron que los OA son novedosos para ellos y que les agradó mucho aprender algo nuevo de esta manera.

Conclusiones

El introducir la tecnología a las acciones didácticas, más que una novedad, debe ser parte de la innovación educativa que plantea una realidad académica, las generaciones actuales cada vez están más ligadas a la tecnología y su uso en la educación es una forma cotidiana de atender sus deberes académicos; sería difícil imaginar a las generaciones

actuales resolviendo sus tareas, trabajos e investigaciones sin recurrir a Google Chrome u otro buscador.

Los recursos tecnológicos además de atender aspectos cognitivos, como ampliar los saberes mediante el cúmulo de información sobre cualquier tema consultado en línea, debe cuidarse que los estudiantes desarrollen habilidades de búsqueda y consulta para lograr información verídica, trascendente y avalada por expertos en el tema. A esto se deben sumar herramientas que les permitan organizar y administrar la información para facilitar la indagación y el rastreo de esta. Es importante destacar que además mediante el uso de la tecnología se permean habilidades de sociabilización en el uso de redes. Las estrategias de enseñanza descritas resultaron favorables para lograr los propósitos de aprendizaje de las asignaturas. Los estudiantes construyeron conocimiento sobre creatividad, aplicaron ese conocimiento en la elaboración de OA, se beneficiaron al aplicar sus habilidades docentes y en el empleo de software libre como eXelearning y FreeMind.

La respuesta de los alumnos en los centros escolares al interactuar con los OA fue muy estimulante para considerar el continuo desarrollo de la estrategia de enseñanza en otras asignaturas y, así, incrementar la producción de OA con otros contenidos y propósitos educativos.

Esta estrategia de enseñanza integró el software libre con sentido para los estudiantes del curso. Se eligió el software libre eXelearning por tener, entre sus aplicaciones y características, técnicas para la elaboración de OA. De esta manera, los estudiantes del curso transitaron del conocimiento sobre los OA a su aplicación en un software pertinente, que reforzó lo aprendido conceptualmente en el curso.

Existe una variedad muy amplia de software libre, por lo que es de suma importancia que la elección del software sea *significativa* para los estudiantes, que se integre con los propósitos de enseñanza y aprendizaje del curso.

El papel que juega el docente en esta era de la informática es importante, dado que, el uso de la tecnología con fines didácticos debe ser planeada cuidadosamente, mediante un diseño instruccional que lleve a obtener los resultados de aprendizaje deseados. La orientación en el uso y, luego, la incorporación de software libre a procesos de aprendizaje contribuirá a allanar el camino.

Referencias

- Arriola, O. (2011). Open access y software libre: un área de oportunidad para las bibliotecas. *Biblioteca Universitaria*, 14(1), 26-40. <https://www.redalyc.org/pdf/285/28521141004.pdf>
- Ávila, M., & Martínez, M. (2016). Posibilidades educativas de las extensiones y navegadores web. *Memorias del Encuentro Internacional de Educación a Distancia*, 4(4), 203-215. <http://www.udgvirtual.udg.mx/remieied/index.php/memorias/article/view/203/122>

- Barron, F. (1955). The disposition towards originality. *Journal of Abnormal and Social Psychology*, 51(3), 478-485. <https://doi.org/10.1037/h0048073>
- Burgos, V. (2010). Distribución de conocimiento y acceso libre a la información con recursos educativos abiertos (REA). *Revista Digital "La Educación"*, (143), 1-14. http://www.educoea.org/portal/La_Educacion_Digital/laeducacion_143/articles/reavladimirburgos_EN.pdf
- Dormido, S., & Torres, F. (2010). Aplicación de las TIC's a la Educación en Automática. *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial*, 2(2), 3-7. <http://hdl.handle.net/10251/146527>
- FreeMind (s/f). *Freemind. Uptodown*. <https://freemind.uptodown.com/windows>
- Goodsett, M. (2020). Best practices for teaching and assessing critical thinking in information literacy online learning objects. *The Journal of Academic Librarianship*, 46(5). <https://doi.org/10.1016/j.acalib.2020.102163>
- Johnson, D., & Johnson, R. (2009). An Educational Psychology Success Story: Social Interdependence Theory and Cooperative Learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379. <https://doi.org/10.3102/0013189X09339057>
- Kerlinger, F. (1986). *Foundations of Behavioral Research*. Holt, Rinehart and Winston.
- Lomeli, C., Espinosa, A., López, J., & Alcántar, V. (2018). *Aprendizaje Cooperativo en Educación Superior. Indagaciones y experiencias en el entorno virtual*. Jorale/UABC.
- Monistrol, R. & Codina, L. (2007). Los navegadores de la web 2.0: Firefox, Opera y Explorer. *El profesional de la información*, 16(3), 261-267. <http://eprints.rclis.org/9645/>
- Prado, M. (2018). Categorización de herramientas numéricas para aumentar la información y acompañar al mutante mercado impregnado con tecnologías digitales. En J.M. Rodríguez, F. López, & J.M. Albalad (Cords.), *Calidad informativa y nuevas narrativas*. Ediciones Egregius.
- Reigeluth, C. (2012). Teoría instruccional y tecnología para el nuevo paradigma de la educación. *RED, Revista de Educación a Distancia*, XI(30). <http://www.um.es/ead/red/32>
- Runco, M.A. (2014). *Creativity Theories and Themes: Research, Development and Practice* (2nd ed.). AcademicPress.
- Statcounter (2020). *Browser Market Share Worldwide*. <https://gs.statcounter.com/browser-market-share#monthly-202009-202009-bar>
- Stein, M. I. (1953). Creativity and culture. *The Journal of Psychology: Interdisciplinary and Applied*, 36(2), 311-322. <https://doi.org/10.1080/00223980.1953.9712897>
- Traverso, E., Prato, L., Villoria, L., Gómez, G., Priegue, C., Caivano, M., & Fissore, L. (2013). *Herramientas de la Web 2.0 aplicadas a la educación*. VIII Congreso de Tecnología en Educación y Educación en Tecnología, Santiago del Estero, Argentina. <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/27532>

- Vallejo, H., & Guevara, E. (2017). Herramientas de Software Libre vs Privativas y su impacto en los procesos mediadores de la educación superior. *Dominio de las Ciencias*, 3(4), 400-418. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=6325514>
- Valverde, J. (2007). El software libre y las buenas prácticas educativas con TIC. *Comunicación y Pedagogía: nuevas tecnologías y recursos didácticos*, (222), 4855. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=2477144>
- Valverde, J. (2009). El software libre en la innovación educativa. En A. García-Valcárcel, *Experiencias de innovación docente universitaria* (pp. 151-180). Ediciones Universidad de Salamanca. https://www.researchgate.net/publication/259601502_El_software_libre_en_la_innovacion_educativa
- Wiley, D.A. (2002). *Connecting learning objects to instructional design theory: A definition, a metaphor, and a taxonomy*. AIT/AECT.

Capítulo 5

Situaciones didácticas sobre transformaciones geométricas en secundaria mediante modelación 3D con software libre

Alejandro Trujillo Castro, Magally Martínez Reyes y Anabelem Soberanes Martín

Una forma de visualizar las ideas sobre el desarrollo de un producto es a través de una representación tridimensional denominada modelo o prototipo, proceso que permite validar las características previas al producto final. A partir de la década de 1990, se integra la utilización de software al diseño de productos, tales como el diseño asistido por computadora (CAD), que permite la creación de modelos 3D específicos en el desarrollo de piezas mecánicas, más ligado a la industria (Torreblanca, 2016). Por otro lado, también es posible encontrar software de modelado 3D especializado en la creación de modelos artísticos, con una demanda que va en aumento cada vez más en el campo del diseño, debido a su utilización en la creación de contenidos 3D, como películas, videojuegos, realidad aumentada y virtual (Dai & Nießner, 2018).

Es común que en niveles medio superior y superior se enseñe a generar y utilizar este tipo de tecnologías, pero a nivel secundaria los escenarios cambian mucho y son pocas las alternativas que se ofrecen, particularmente para la asignatura de Tecnología. Como apoyo al docente de esta área, se propone como sugerencia didáctica implementar el CAD, de tal forma que, no solo se plantea una herramienta tecnológica de actualidad, sino que se busca poner en práctica conceptos matemáticos como son las transformaciones geométricas, operadores de conjuntos, lógicos y aritméticos.

Por lo tanto, el propósito del estudio es realizar una propuesta dirigida a los docentes de nivel secundaria para el desarrollo de una situación didáctica en donde se utiliza como



medio de interacción el modelado 3D, para fomentar las transformaciones geométricas, operaciones indispensables en el diseño y creación de nuevos gráficos 3D. La propuesta utiliza como método de desarrollo la teoría de las situaciones didácticas de Brousseau (2007) como proceso de enseñanza y de aprendizaje.

Transformaciones geométricas

La geometría es una de las ramas más antiguas de las matemáticas, dedicada al estudio de las propiedades del espacio, se ocupa de problemas métricos relacionados al cálculo de áreas y diámetros de figuras planas, así como de superficies y volúmenes de cuerpos sólidos (Grupo Fénix, 2014). Los movimientos realizados dentro del plano están determinados por las transformaciones geométricas, también conocidas como transformaciones en el plano, las cuales son un tema fundamental en áreas como matemáticas, ingeniería, modelación de gráficos, artes, entre otras.

De acuerdo con Larson et al. (2004), una transformación es una operación que mueve o cambia una figura geométrica de alguna manera para producir una nueva figura, la cual es llamada *imagen*, y a la figura original se le llama *preimagen*. Las tres principales transformaciones son: a) traslación, mueve cada punto de una figura, la misma distancia en la misma dirección manteniendo la forma y el tamaño; b) reflexión, utiliza una línea de reflejo para crear una imagen especular de la figura original; y, c) rotación, hace girar una figura alrededor de un punto fijo, llamado centro de rotación. Otra transformación geométrica importante es la homotecia, también conocida como dilatación, es una transformación que estira o encoge una figura para crear una figura similar.

Las transformaciones también representan una alternativa para el estudio de propiedades geométricas como la congruencia, semejanza y simetría (*National Council of Teachers of Mathematics* [NCTM], 2009). Las transformaciones de congruencia cambian de posición una figura sin cambiar el tamaño o la forma, la traslación, la reflexión y la rotación, por lo tanto, son tres tipos de transformaciones de congruencia. La semejanza se caracteriza por mantener en una figura la misma forma, pero puede modificar el tamaño y la orientación de la figura. Por último, la simetría es una correspondencia exacta de las partes o puntos que forman una figura.

Al abordar este tema de estudio se busca también desarrollar diferentes capacidades matemáticas superiores que, de acuerdo con Ruiz (2017), hacen referencia a plantear y resolver problemas, argumentar y razonar, conectar, comunicar y representar. Por consiguiente, se plantea la utilización de una tecnología que pone en práctica las anteriores transformaciones a través del diseño y creación de modelos 3D, donde se fomenta el desarrollo de diversas capacidades superiores para dar solución a problemáticas planteadas mediante distintas actividades.

Descripción de la tecnología

De acuerdo con Jorquera (2016), el modelado es “el proceso de creación de una representación matemática de superficies utilizando geometría” (p.16), obteniendo como resultado un modelo 3D que puede ser representado como: a) un gráfico bidimensional generado mediante un proceso de renderizado, o b) un objeto físico producido por una impresora 3D u otra herramienta de fabricación de control numérico por computadora (CNC). Los gráficos por computadora pueden clasificarse en tres principales ramas, distinguiéndose de acuerdo con el enfoque, principios y procedimientos utilizados durante el desarrollo, según Brozek et al. (2016), estas áreas son el modelado gráfico 3D, la programación de gráficos 3D y temas matemáticos relacionados con los gráficos 3D.

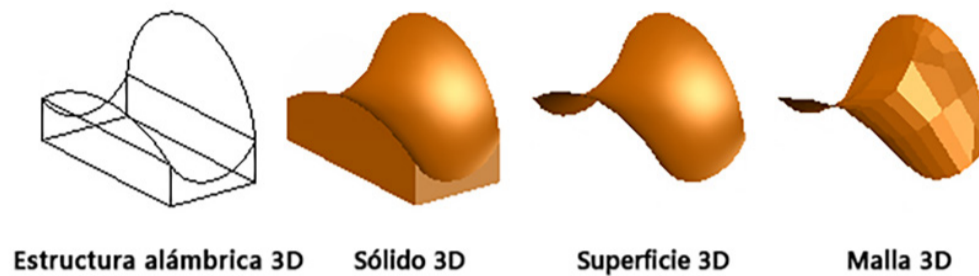
El modelado gráfico 3D es un principio simple que se llega a proponer como sugerencia didáctica en la educación secundaria técnica, dado que los requerimientos son mínimos, ya que solo se necesita experiencia a nivel de usuarios en el manejo del equipo de cómputo. Por otro lado, la programación de gráficos 3D es realizada mediante lenguajes de programación de alto nivel que se apoyan en librerías como OpenGL (Open Graphics Library) para el desarrollo de gráficos y escenas tridimensionales complejas, convirtiéndose en una alternativa compleja por su programación. Finalmente, los temas matemáticos relacionados con los gráficos están basados en principios de reglas matemáticas que funcionan como elementos básicos que, en conjunto con otros elementos, forman elementos más complejos, por lo que los requerimientos previos para esta alternativa son complicados. Brozek et al. (2016) consideran, entre estas alternativas, al modelado gráfico 3D como la forma más sencilla de obtener un producto, considerando como adecuado este proceso para la enseñanza a partir del nivel secundaria, puesto que los requerimientos son mínimos: contar con una computadora, software de modelado y tener experiencia a nivel de usuario; esto es suficiente para integrar esta modalidad a la práctica educativa.

Los modelos gráficos son también conocidos como modelos geométricos, debido a que su representación se encuentra constituida de datos geométricos (puntos, líneas, polígonos, circunferencias, entre otros). Los modelos geométricos se encuentran clasificados en diferentes tipos de modelado 3D, ofreciendo un conjunto diferente de funcionalidades; entre las tecnologías más representativas, de acuerdo con Autodesk (2020), se encuentran la estructura alámbrica 3D, el modelado de sólidos 3D, las superficies 3D, y las mallas 3D, como se aprecia en la figura 1.

En este estudio se determinó experimentar con modelos sólidos 3D, debido a que sus procesos de construcción han sido adaptados para interactuar de forma diferente en diversas aplicaciones y para distintos dispositivos, facilitando la construcción de objetos 3D (Saorín et al., 2015). Los modelos sólidos 3D pueden ser generados por diferentes técnicas de representación, dentro del ámbito educativo a nivel básicos las más comunes

Figura 1

Clasificación de los modelos 3D



Nota: Tomado de Autodesk (2020)

son los sólidos generados por barrido y mediante geometría sólida constructiva (CSG, por sus siglas en inglés), siendo esta última empleada en diferentes experiencias didácticas a nivel secundaria y en diversos temas relacionados con las matemáticas (Beltrán, 2017; Beltrán & Rodríguez, 2017; Beltrán, Rodríguez, & Muñoz, 2020), considerando apropiado su uso en este ámbito educativo.

La CSG es una de las técnicas de representación más conocidas debido a su facilidad de uso, donde la construcción de objetos sólidos inicia a partir de primitivas básicas predeterminadas o generadas por medio de perfiles barridos. Es mediante la combinación de primitivas instanciadas con operadores booleanos como se llega a la creación de un nuevo sólido compuesto. El nuevo objeto se acumula como un árbol binario utilizando operadores (unión, diferencia e intersección) como nodos intermedios y primitivas en sus hojas, como se aprecia en la figura 2. El tipo de primitivas simples disponibles dependerá del software que se esté utilizando, puesto que cada uno cuenta con diferentes primitivas,

Figura 2

Sólido 3D mediante CSG



Nota: Elaboración propia utilizando OpenSCAD.

existen muchas opciones dentro del diseño CAD, tales como AutoCAD, Rhinoceros 3D, Solidworks; así como opciones de software libre como FreeCAD y OpenSCAD; además de algunas aplicaciones de tipo web como Tinkercad, SketchUp y BlocksCAD.

Teoría de las situaciones didácticas

La teoría de las situaciones didácticas (TSD) tiene su campo de estudio dentro de los fenómenos que ocurren en la enseñanza de las matemáticas, Guy Brousseau es reconocido como uno de los principales investigadores en el campo de la didáctica de las matemáticas por su contribución teórica de las situaciones didácticas, en la cual se aborda una interacción entre alumnos, docentes y saberes matemáticos dentro del aula (Brousseau, 2007). La TSD se construye bajo el proceso de aprendizaje por adaptación, enfoque que se sustenta directamente en la teoría de aprendizaje de Piaget, el aprendizaje por adaptación se produce cuando el individuo interactúa con un medio que en la mayoría de los casos es palpable y sin la intervención del docente, debido a que gran parte de los estudios de Piaget se realizaban con niños de edades no escolares. Brousseau adaptó este enfoque de aprendizaje para el tratamiento de actividades escolares (Acosta, 2010). En la figura 3 se muestra el proceso del aprendizaje por adaptación, en donde el individuo parte de una intención, para lo cual realiza una interacción con el medio, lo que le permite recibir una retroalimentación que tendrá que interpretar empleando los conocimientos previos que ya posee, validando si la intención alcanzó su propósito; en caso de ser verdadero, la actividad se refuerza, de lo contrario se produce una reorganización, iniciando nuevamente el proceso.

Figura 3

Proceso de aprendizaje por adaptación

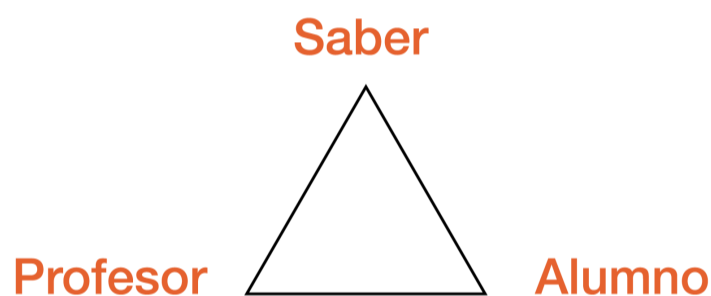


Nota: Adaptado de Acosta (2010).

La TSD denomina situación a un modelo de interacción entre el individuo y un medio determinado, tomando como objeto de estudio las circunstancias que conducen a la adquisición de conocimiento. Por consiguiente, una actividad que produce un aprendizaje por adaptación es considerada como una situación adidáctica, debido a que permite adquirir una experiencia personal, conocimiento que no siempre es aceptado dentro de las instituciones educativas como un saber, puesto que son ellas quienes determinan lo que es o no un saber. La TSD determina que en una situación adidáctica intervienen tres elementos esenciales: 1) un saber, reconocimiento y organización de los conocimientos, actividad específica de las instituciones; 2) un profesor, que pretende enseñar un saber regulando los procesos de adquisición del alumno; y 3) un alumno, quien aspira a aprender este saber mediante interacciones con el medio, creando el llamado triángulo didáctico (figura 4), colocando en cada vértice uno de estos personajes y cada lado representan la interacción entre estos (Brousseau, 2007).

Figura 4

Triángulo didáctico

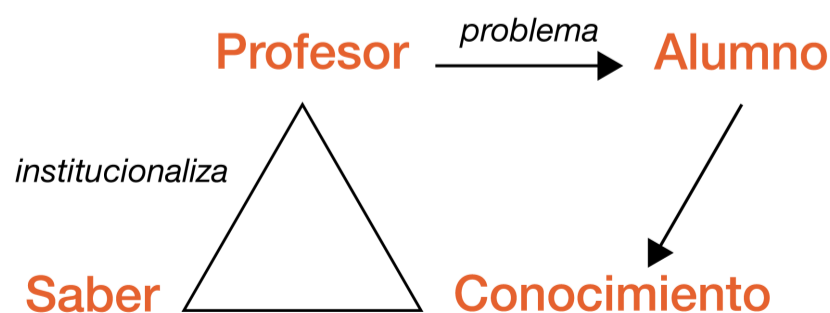


Nota: Con base en Chevallard (1991).

La situación didáctica (figura 5) inicia cuando el profesor propone una problemática para causar la intención como punto de partida y un medio con el cual los alumnos interactúan, iniciando con el proceso de aprendizaje por adaptación y finalizando con la explicación de la relación entre el conocimiento personal del alumno y el saber institucional.

Figura 5

Situación didáctica



Nota: Elaboración propia.

Así, la modelación 3D es un proceso tecnológico para la creación de contenidos tridimensionales que se emplea, en conjunto con otras tecnologías, para el desarrollo de productos como mecanismos, impresión 3D, películas, videojuegos, realidad aumentada y virtual; dicho proceso es realizado mediante diversos conceptos matemáticos. El propósito del estudio es proponer el desarrollo de una situación didáctica empleando la modelación 3D como medio para fomentar las transformaciones geométricas utilizando software libre. Se emplea como método de desarrollo la teoría de las situaciones didácticas, propuesta dirigida a docentes de nivel secundaria. Las actividades propuestas empleando el software BlocksCAD indican contenidos adecuados al nivel educativo de acuerdo con los estándares curriculares de matemáticas en el eje temático forma, espacio y medida.

Desarrollo

La propuesta se plantea bajo el enfoque de la TSD, en el cual se considera al medio como uno de los elementos esenciales en el desarrollo de la situación didáctica, debido a que es la herramienta donde interactúa el alumno para realizar actividades que le brinden una retroacción que tendrá que validar, razón por la cual el medio deberá ser adecuado a las circunstancias educativas, procurando una conexión entre los conocimientos obtenidos mediante la situación didáctica y el saber que se pretende enseñar al alumnado. La propuesta considera el modelado 3D como el medio apropiado para el aprendizaje de las transformaciones geométricas, así como algunas de sus propiedades a través del aprendizaje por adaptación, puesto que el modelado 3D requiere de estos objetos matemáticos para la creación de diversos diseños, representados como gráficos geométricos.

Se revisaron diversas opciones para utilizar en la propuesta (Blender, FreeCAD y BlocksCAD). Sin embargo, para la realización de la experiencia se optó por utilizar BlocksCAD, entorno web basado en un lenguaje de programación de código abierto OpenSCAD, publicado bajo licencia GPLv3.

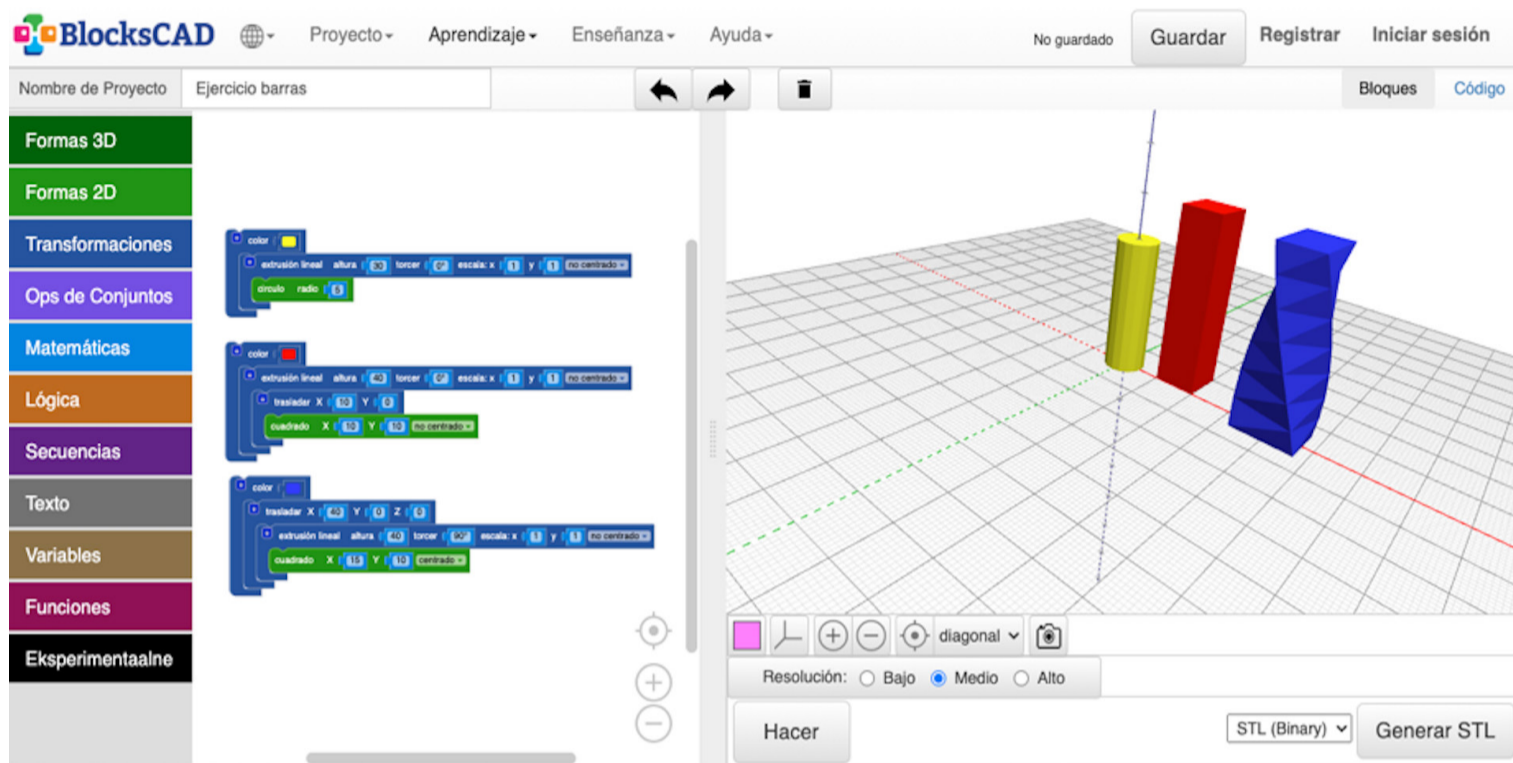
BlocksCAD es un entorno de programación visual parecido a Scratch, utiliza un lenguaje de programación por bloques que permite el modelado de objetos 3D, fomenta entre los usuarios conceptos matemáticos, pensamiento computacional y codificación mediante bloques visuales, facilitando la aplicación de los principios básicos de manera fácil e intuitiva. En la figura 6 se muestra el entorno de programación con sus respectivas secciones. Se puede acceder vía web¹ o descargarlo del repositorio github² para ejecutarlo de manera local o en un servidor dedicado, cuando no se cuenta con internet y se desea trabajar sobre una intranet.

1 <https://www.blockscad3d.com/editor>

2 <https://github.com/EinsteinsWorkshop/BlocksCAD>

Figura 6

Entorno de programación



Nota: Elaboración propia utilizando BlocksCAD.

El entorno de programación está constituido por cuatro secciones: 1) barra de herramientas, permite establecer preferencias como cambiar el idioma, manipular los archivos, acceder a ejemplos, tutoriales y ayuda del programa; 2) barra de bloques, en esta sección se encuentran las distintas instrucciones representadas mediante bloques, los cuales son arrastrados al área de programación; 3) área de programación, espacio donde se colocan los bloques de manera que se inserten unos con otros para determinar la lógica de construcción; 4) área de dibujo o de renderizado, al presionar el botón *Hacer* el programa ejecuta las instrucciones que aparecen en el área del programa, creando una representación gráfica.

Procedimiento

Empleando el software de modelado 3D BlocksCAD, el usuario debe realizar la acción de arrastrar los diferentes bloques al área de programación, ensamblando un algoritmo que al ejecutarlo el alumno obtiene una retroacción, que dependiendo de la instrucción del bloque se generan distintos movimientos en el gráfico 3D, dando la oportunidad al alumno de interpretar si el movimiento realizado es acorde a lo deseado; si el valor obtenido es positivo pasará a la siguiente acción, de lo contrario tendrá que repetirla nuevamente.

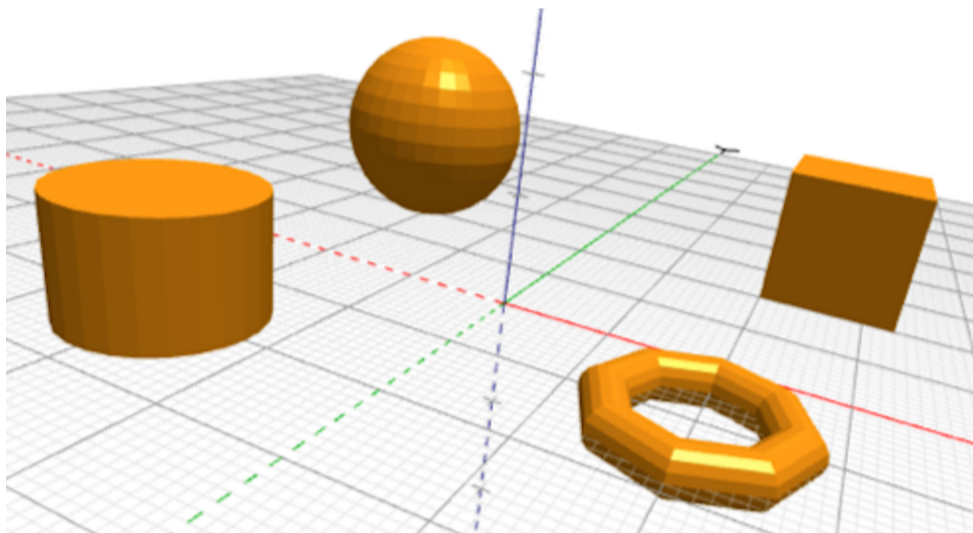
Actividad: Creación de contenedores de líquido.

Momento 1: Exploración guiada

La primera tarea que el alumno inicia una vez dentro de BlocksCAD es realizar una exploración guiada del entorno de programación para conocer las cuatro secciones que lo componen: barra de herramientas, barra de bloques, área de programación y área de dibujo o renderizado. Posteriormente, conocerá los distintos grupos de bloques, así como la funcionalidad de cada uno y la instrucción que representan; también conocerá las cuatro primitivas simples con las que cuenta el software (cilindro, esfera, cubo y toro) como se muestra en la figura 7, resaltando que a partir de estas y aplicando transformaciones, operadores de conjunto, aritméticos y lógicos es posible generar nuevos sólidos.

Figura 7

Primitivas simples

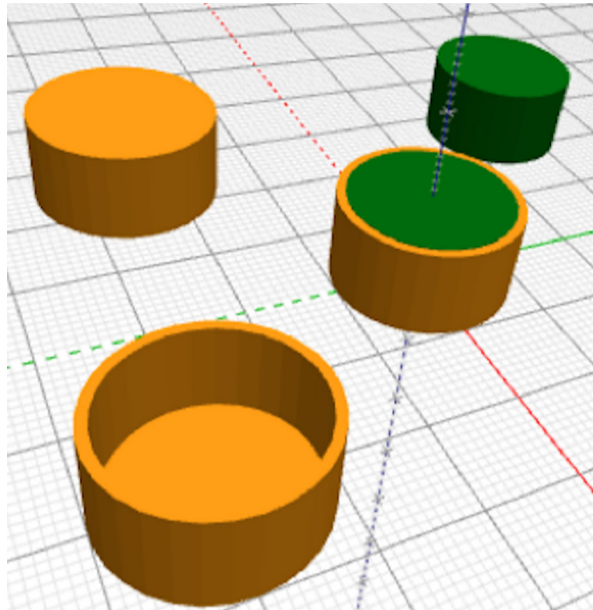


Nota: Elaboración propia utilizando BlocksCAD.

Momento 2: Aplicando la transición

Los alumnos deben arrastrar los bloques necesarios para crear por separado dos cilindros, los cuales tendrán que posicionar en el centro del sistema de coordenadas, colocando uno dentro del otro y dejando entre los dos cilindros una diferencia de una unidad entre sus diámetros, para posteriormente aplicar el operador diferencia y obtener un nuevo sólido, como se observa en la figura 8.

Figura 8
Traslación



Nota: Elaboración propia utilizando BlocksCAD.

Además de las transformaciones, se fomentan otro tipo de conceptos matemáticos (radio, diámetro, área, volumen, entre otros). En la tabla 1 se señalan las actividades realizadas dentro del proceso de aprendizaje por adaptación.

Tabla 1
Aprendizaje por adaptación para la traslación

Fases	Actividad
Intención	Trasladar los dos cilindros a la misma posición, colocando uno sobre el otro.
Acción	Arrastrar los bloques correctos para crear las dos primitivas de tipo cilindro; aplicar la traslación para conseguir el sobreposicionamiento.
Retroacción	Los cilindros se posicionan de acuerdo con las coordenadas suministradas.
Interpretación	Los objetos quedan superpuestos en las coordenadas indicadas.
Validación	El resultado fue verdadero.
Conocimiento previo	Conocer la funcionalidad de los bloques involucrados y conceptos como coordenadas, radio y diámetro.
Conocimiento obtenido	Crear un nuevo sólido a partir de las primitivas simples, arrastrando bloques y aplicando la traslación y el operador unión.

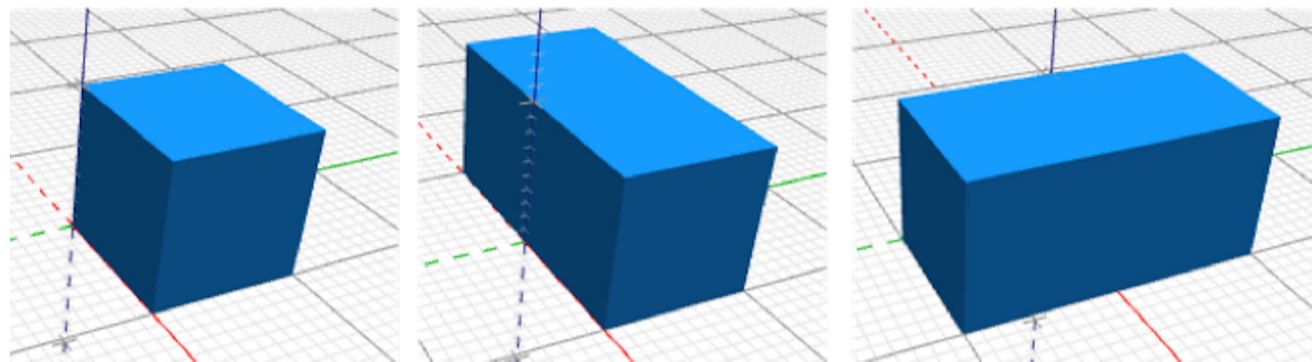
Nota: Elaboración propia.

Momento 3: Aplicando la reflexión

Para el empleo de la reflexión, los alumnos inician ubicando y arrastrando el bloque para crear un cubo en el área de programación, se identifica la línea de reflejo tanto en el eje X (color rojo) como en el eje Y (color verde), se emplea el bloque de reflexión para reflejar el cubo primero en un eje y después en el otro, como se aprecia en la figura 9.

Figura 9

Reflexión, con línea de reflejo en X y Y



Nota: Elaboración propia utilizando BlocksCAD.

El alumno explora las diferentes posiciones que genera el bloque de reflexión, experimenta probando con diferentes figuras. En la tabla 2 se especifican las actividades realizadas dentro del proceso de aprendizaje por adaptación.

Tabla 2

Aprendizaje por adaptación para la reflexión

Fases	Actividad
Intención	Identificar la línea de reflejo para crear la reflexión de un cubo.
Acción	Arrastrar el bloque para crear un cubo y el bloque que aplica la reflexión
Retroacción	Se crea un reflejo del cubo con una orientación de acuerdo con los datos ingresados.
Interpretación	El reflejo del cubo tiene la orientación deseada.
Validación	El resultado fue verdadero.
Conocimiento previo	Reconocer la línea de reflejo para dar la orientación deseada.
Conocimiento obtenido	La formación de un nuevo sólido generado por la reflexión.

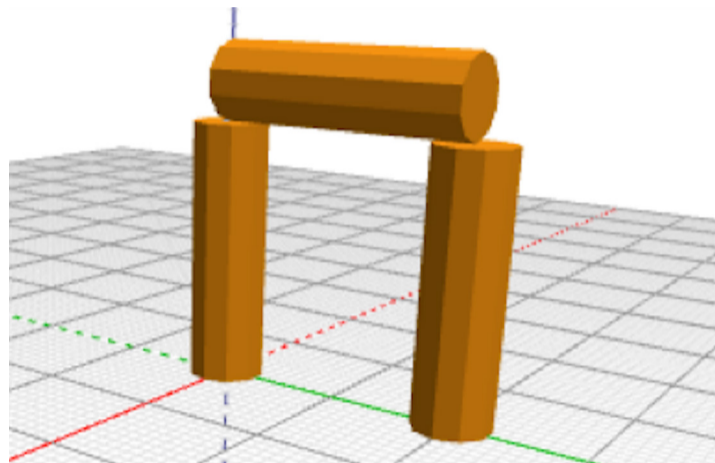
Nota: Elaboración propia.

Momento 4: Aplicando la rotación

Los alumnos identifican y arrastran bloques para crear cilindros, rotan un cilindro en un ángulo de 90° , intentando recrear la figura 10; el alumno rota el cilindro respecto a cada uno de los ejes del sistema de coordenadas explorando las diferentes posiciones que toma el cilindro rotado.

Figura 10

Rotación



Nota: Elaboración propia utilizando BlocksCAD.

Para conseguir que los cilindros se posicionen como se muestra en la figura 10, además de emplear la transformación de rotación es necesario utilizar otras como la traslación. Las actividades del proceso de aprendizaje por adaptación se muestran en la tabla 3.

Tabla 3

Aprendizaje por adaptación para la rotación

Fases	Actividades
Intención	Rotar 90° un cilindro para posicionarlo sobre dos columnas.
Acción	Arrastrar los bloques necesarios para construir los cilindros; aplicar el bloque de rotación respecto a cada uno de sus ejes.
Retroacción	El cilindro rotó 90° respecto al eje del sistema de coordenadas indicado.
Interpretación	El cilindro rotó hasta alcanzar la posición correcta.
Validación	El resultado fue verdadero.
Conocimiento previo	Identificar los ejes del sistema de coordenadas y medición de ángulos en grados.
Conocimiento obtenido	Rotar una figura ingresando el valor del ángulo en grados

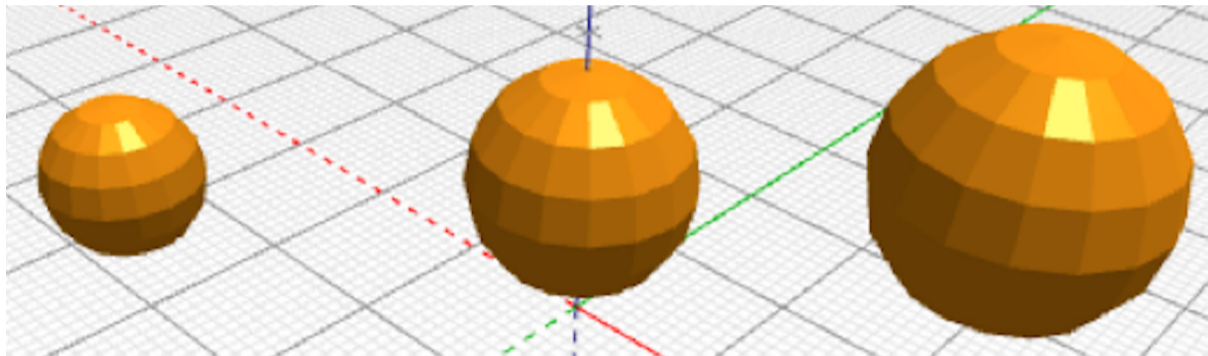
Nota: Elaboración propia.

Momento 5: Aplicando la homotecia

Se espera que el alumno arrastre y utilice el bloque escala; este bloque aplica la transformación homotecia o de dilatación, aumentando o disminuyendo el tamaño de la figura, el alumno explora los diferentes valores para realizar los cambios de la figura para cada uno de los ejes del sistema de coordenadas. En la figura 11 se aprecia el cambio de la figura aplicando la misma escala en los tres ejes.

Figura 11

Homotecia



Nota: Elaboración propia utilizando BlocksCAD.

En la tabla 4 se aprecian las actividades realizadas en el proceso de aprendizaje por adaptación, procurando que los conocimientos obtenidos sean semejantes al saber que se pretende enseñar.

Tabla 4

Aprendizaje por adaptación para la homotecia

Fases	Actividad
Intención	Aumentar y disminuir el tamaño de una figura geométrica.
Acción	Arrastrar el bloque escala y manipular los valores para cambiar el tamaño para cada uno de los ejes.
Retroacción	El tamaño de la figura cambia dependiendo del valor introducido en cada uno de sus ejes.
Interpretación	La figura aumentó el tamaño de acuerdo con los valores y en los ejes deseados.
Validación	El resultado fue verdadero.
Conocimiento previo	Identificar los ejes del sistema de coordenadas y manejo de escalas.
Conocimiento obtenido	Cambiar el tamaño de una figura para cada uno de los ejes del sistema de coordenadas.

Nota: Elaboración propia.



Tarea integradora

En la actividad, el alumno integra las anteriores transformaciones para la creación de objetos contenedores de líquido, donde el docente proporciona las características que deberá cumplir el objeto, como el volumen de líquido que deberá almacenar, la forma o tamaño a considerar, proporcionando todas o alguna de estas características.

Dentro de los aprendizajes que se esperan del alumno, es que resuelva problemas que implican el cálculo de áreas y volúmenes de figuras geométricas, emplear de manera correcta las distintas transformaciones geométricas y los operadores de conjunto, aritméticos y lógicos. Se propone llevar la situación didáctica de manera virtual, especificando en cada actividad las acciones que el alumno deberá realizar acompañando de una imagen del resultado a obtener.

Conclusión

La propuesta hace uso de la modelización 3D mediante el empleo del software Blocks-CAD, siguiendo una teoría desarrollada dentro de la didáctica de las matemáticas, que pone en práctica un aprendizaje activo; la finalidad es generar conocimiento personal mediante la interacción con el software, conocimiento semejante a los saberes institucionales que el profesor pretende enseñar. La propuesta incorpora el uso del software libre como instrumento tecnológico con la intención de acercar a los jóvenes a conceptos de matemáticas, útiles y necesarios para el diseño y creación de modelos 3D.

Otro aspecto importante es que al utilizar software libre permite generar en los alumnos independencia, es decir, sus conocimientos no se limitan al uso con un software privativo; también, se fomenta lo ético y ser buen ciudadano desde una edad temprana en el nivel secundaria, esto es, al ser parte de comunidad de software libre se promueve el hábito de ayudar a los demás y compartir lo que se desarrolla. Finalmente, al aplicar la propuesta con estudiantes de secundaria, se puede fomentar su curiosidad e interés en el desarrollo de software.

Se plantea una experiencia de aprendizaje distinta a la forma tradicional de trabajo en temas relacionados a las transformaciones geométricas; se emplea una situación didáctica que permite al alumno explorar e interactuar con objetos matemáticos útiles en la construcción de gráficos 3D. La propuesta también procura dar a conocer una herramienta tecnológica importante para el desarrollo y la producción de la industria, que se emplea para describir y representar mediante gráficos ideas que se pretenden desarrollar.

La experiencia se propone llevarla a cabo de manera virtual, debido a las condiciones de confinamiento que actualmente se viven en el año 2020; se han presentado situaciones en las que algunos alumnos no cuentan con computadora, por lo cual han recurrido a emplear un dispositivo móvil para la realización de sus actividades. Al momento, se ha

comprobado que las actividades propuestas, utilizando el software BlocksCAD, tienen contenido adecuado al nivel educativo, de acuerdo con los estándares curriculares de matemáticas del nivel secundaria.

Referencias

- Acosta, M. E. (2010). Enseñando transformaciones geométricas con software de geometría dinámica. Curso dictado. *11º Encuentro colombiano de matemática educativa*. Bogotá, Colombia. <http://funes.uniandes.edu.co/1169/>
- Autodesk. (2020). *Acerca del modelado de objetos 3D*. <http://help.autodesk.com/view/ACD/2020/ESP/>
- Beltrán, P. (2017). Modelado e impresión 3D como recurso didáctico en el aprendizaje de la probabilidad. *Revista de Educación Matemática*, 34(95), 99-106.
- Beltrán, P., & Rodríguez, C. (2017). Modelado e impresión en 3D en la enseñanza de las matemáticas: un estudio exploratorio. *ReiDoCrea*, 6, 16-28.
- Beltrán, P., Rodríguez, C., & Muñoz, J. M. (2020). Introduciendo BlocksCAD como recurso didáctico en matemáticas. *Suma*, 93, 39-48.
- Brousseau, G. (2007). *Iniciación al estudio de la teoría de las situaciones didácticas*. Zorzal.
- Brozek, J., Hamernik, D., Vesely, P., & Svoboda, V. (2016). Application of the Montessori method in tertiary education of a computer 3D graphics. *Elektro*, 655-659.
- Chevallard Y. (1991). *La transposition didactique: Du savoir savant au savoir enseigné*. La Pensée Sauvage Editions.
- Dai, A., & Nießner, M. (2018). Scan2Mesh: From Unstructured Range Scans to 3D Meshes. *Computer Vision Foundation*, 5574-5583.
- Grupo Fénix. (2014). *Matemática 10: Un enfoque con base en la resolución de problemas*. Editorial Grupo Fénix.
- Jorquera, A. (2016). *Fabricación digital: Introducción al modelado e impresión 3D*. Secretaría General Técnica.
- Larson, R., Boswell, L., Kanold, T. D., & Lee, S. (2004). *McDougal Littell geometry*. McDougal Littell.
- National Council of Teachers of Mathematics (NCTM). (2009). *Focus in high school mathematics Reasoning and sense making*. NCTM.
- Ruiz, A. (2017). Evaluación y Pruebas Nacionales para un Currículo de Matemáticas que enfatiza capacidades superiores. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación*, 12(Especial), 1-307. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/cifem/article/view/31916>

- Saorín, J. L., Meier, C., De la torre, J., Díaz, D., & Rivero, D. (2015). Juegos en tabletas digitales como introducción al modelado y la impresión 3D. *Education in the Knowledge Society*, 16(2), 129-140.
- Torreblanca, D. (2016). Tecnologías de Fabricación Digital Aditiva, ventajas para la construcción de modelo, prototipos y series cortas en el proceso de diseño de productos. *Inconofacto*, 12(18), 118-143.

Capítulo 6

Construyendo algunos conceptos en cálculo integral con el auxilio de GeoGebra

Mario García-Salazar

Se presenta una propuesta de enseñanza-aprendizaje para el inicio del curso de cálculo integral impartido en la Licenciatura en Docencia de la Matemática, de la Facultad de Pedagogía e Innovación Educativa, en la Universidad Autónoma de Baja California (UABC). Este es un estudio de tipo microetnográfico y de mucha reflexión, realizado en la propia práctica educativa en un continuo que tuvo su inicio hace algunos años y que permanece aún el día de hoy. En el marco de esta realidad, se presenta la importancia de ir construyendo conceptos antes que procedimientos y de generar referentes visuales manipulables a través del uso de software libre como es GeoGebra.

Los qué y para qué del cálculo integral

Estudiando la propia experiencia docente, con un marco de referencia metodológico de tipo microetnográfico¹, he identificado que dar a conocer el contexto histórico en el que se originaron algunas ideas, procesos o aplicaciones de los temas matemáticos que están a punto de abordarse en el salón de clase, le da sentido al estudio por iniciar; esto sucede porque el estudiante se puede ubicar en una realidad determinada, permitiéndole así visualizar posibles aplicaciones en contextos actuales, a pesar de la distancia en el tiempo con el origen histórico del tema matemático.

1 La microetnografía se ocupa del estudio del habla y del lenguaje en su propio entorno social y cultural, centrándose en el análisis de patrones sociolingüísticos con los que interactúan los miembros de una comunidad (Álvarez, 2008; Barfield & Schussheim, 2000; Moreira, 2002).



Aunado a ello, el contexto histórico de la matemática posibilita el aprendizaje significativo de los conceptos matemáticos que se trabajarán en clase, puesto que le dan sentido e intención, y esto prepara las bases para una construcción sólida del conocimiento *declarativo*. Entendiendo este último como aquel que puede ser expuesto mediante el uso del lenguaje hablado y también con un sistema simbólico de cualquier clase; es el primero de los tres tipos de conocimiento junto al *procesal* y al *condicional* (Woolfolk, 2006); y, de nuevo, desde la propia experiencia docente estudiada desde la microetnografía, su aprendizaje significativo ayuda en la construcción sólida de los otros dos.

En este orden de ideas es que, al iniciar el curso de cálculo integral, se puede trabajar con los alumnos un bosquejo general de la historia del desarrollo matemático que antecede a los temas de clase por tratar, para así realizar una construcción propia de qué estudia y a qué se dedica el cálculo integral. A continuación, comparto una brevísima historia de cómo se fue gestando y desarrollando desde diversos afluentes el área matemática de lo que hoy en día conocemos como cálculo integral, en el entendido de que el texto de Anfosi y Flores (1996) contiene una relatoría más amplia al respecto.

Brevísima historia del cálculo integral

Cuando alguien habla sobre el cálculo integral y su historia, los referentes obligados por mencionar son el inglés Issac Newton (1643-1727) y el alemán Gottfried Wilhem von Leibniz (1646-1716). Sin embargo, como mencionan Anfossi y Flores (1996), y Harding y Scott (2005), las raíces del cálculo en general tienen sus raíces en la edad de oro de la antigua Grecia, especialmente con Arquímedes (287-212 a. C.) y su método exhaustivo para calcular áreas de figuras hasta el momento inconmensurables.

Para realizar el cálculo de las áreas de esas figuras, Arquímedes insertó en ellas otras figuras de las que sí podía calcular su área; por ejemplo, para calcular el área de un segmento parabólico insertó en ella fajas rectangulares sumamente estrechas (Anfossi & Flores, 1996); otro de sus cálculos más relevantes fue el área del círculo, para ello inscribió dentro de una circunferencia un polígono regular, del que obviamente sabía calcular su área, entonces incrementó *exhaustivamente* la cantidad de lados de ese polígono con la intención de cubrir la mayor cantidad de área posible del círculo, así, a mayor cantidad de lados del polígono más cerca estaba de conocer el área del círculo. Ello lo llevó a establecer que el área del círculo era exactamente proporcional al cuadrado de su radio, definiendo esa constante de proporcionalidad tan utilizada hoy en día a la que llamamos pi (Harding & Scott, 2005).

Otro gran matemático griego que utilizó el método exhaustivo fue Eudoxo (circa 408-355 a. C.), quien introdujo la idea de magnitud continua que, como describe López (2018), consistía en variar de una forma continua medidas de segmentos rectilíneos, án-

gulos, áreas, volúmenes, etc., a partir de esto, Eudoxo definía una razón de magnitudes y de ella una igualdad entre dos razones, es decir, una proporción, la que hoy en día se conoce como el valor de pi. Con su trabajo, este matemático griego pudo probar, entre otras cosas, que el volumen de una pirámide es un tercio del volumen del prisma con la misma base y altura, y también que el volumen de un cono es un tercio del cilindro correspondiente.

Saltando de época, llegamos a la Edad Media, aquí muchos matemáticos de Occidente y Oriente ya conocían el método exhaustivo de los griegos, así como la idea de Arquímedes de descomponer una superficie plana en secciones rectangulares muy estrechas; Kepler (1571-1630) concibió a los sólidos como formados por un número sumamente grande de elementos infinitesimales, ya fueran triángulos, rectángulos, discos o conos; Cavalieri (1598-1647) calculó la longitud de líneas, áreas y volúmenes, recurriendo a sumas; Roberval (1602-1675) obtuvo el área de la superficie comprendida entre una curva y una recta al considerar que está formada por una gran cantidad de rectángulos sumamente estrechos; y Wallis (1616-1703) logró cuadraturas y curvaturas siguiendo el ejemplo de Cavalieri (Anfossi & Flores, 1996). Como es posible observar, todos estos matemáticos estaban sentando las bases de lo que hoy conocemos como cálculo integral.

En el caso del desarrollo del cálculo diferencial se encuentra Nicolás Oresme (1323-1382), quien afirmó que “en la proximidad del punto de una curva en que la ordenada es máxima o mínima, es donde dicha ordenada varía más lentamente” (Anfossi & Flores, 1996, p.8), es a este concepto al que también llega Kepler —quien probablemente no conociera las publicaciones de Oresme— y Fermat (1601-1665) con sus métodos de máximos y mínimos, así como el de las tangentes, implícitamente iguala a cero la derivada de la función, porque considera que en los puntos máximos o mínimos de una curva su tangente es paralela al eje, es decir, la pendiente es nula; finalmente, contamos con el trabajo de Barrow (1630-1677) acerca de los crecimientos infinitesimales en que difieren las abscisas y las ordenadas de los extremos de un arco (Anfossi & Flores, 1996).

Todos estos logros, tanto en el cálculo integral como en el diferencial, carecían de procedimientos generales y es aquí donde entran a escena Leibniz y Newton. Conocidos como los padres del cálculo moderno, estos dos matemáticos llegaron a las mismas conclusiones desarrollando independientemente sus propios métodos. Lo cual no deja de maravillar, aunque también los envolvió en una querrela de muchos años por la autoría primera de sus descubrimientos; actualmente es aceptada la idea de la contribución de los dos a este campo (Harding & Scott, 2005).

Los dos matemáticos trabajaron a su modo con el concepto de infinitesimales, aunque fue el francés Cauchy (1789-1857), quien definió lo que hoy conocemos como límite. Por su parte, Newton utilizó el concepto de *fluji3n* para describir lo que llama *momento*, es

decir, la razón en que fluye un punto sobre un arco sumamente pequeño en un tiempo muy corto (la velocidad). A Leibniz le debemos los procedimientos infinitesimales y es con el problema de las cuadraturas de las curvas planas que inserta lo que hoy conocemos como el símbolo de la integral. Además, infirió su operación inversa e ideó la notación para representar lo que él llamó *diferencia entre dos próximas*, así como la palabra *derivada*; finalmente, Leibniz adoptó la denominación de *cálculo integral* hecha por Bernoulli en 1690 (Anfossi & Flores, 1996; Harding & Scott, 2005).

Ideas para trabajar la brevísima historia del cálculo

Trabajar el marco histórico del cálculo integral no implica únicamente leer el texto, siendo este el punto de inicio del curso se sugiere comenzar con preguntas detonadoras como ¿qué es el cálculo en términos generales?, ¿qué estudia el cálculo diferencial?, ¿a qué se dedica el cálculo integral?, ¿cuándo comienza la historia o construcción del cálculo integral? La intención de estos cuestionamientos es conocer y comentar lo que los estudiantes vayan contestando, en un sentido de ir construyendo y precisando ideas, pero no necesariamente corrigiéndolas.

A partir de aquí depende del profesor si prepara una presentación para relatar la historia del cálculo o si diseña una actividad específica donde los alumnos, desde el inicio, discutan los cuestionamientos planteados como detonantes, lean el texto, mejoren sus propias conceptualizaciones y lo expongan en un plenario. Independientemente de la estrategia utilizada, se sugiere que como grupo construyan su propia definición del campo de estudio del cálculo integral. En mi caso, después de que ellos realizaron su definición grupal les comparto la siguiente construcción propia:

El cálculo integral se encarga de estudiar la variación, el cambio, las sumatorias de lo infinitamente pequeño en momentos específicos, en una relación profunda y dinámica con el cálculo diferencial al usar las antiderivadas para su desarrollo, así, resuelve cuestiones acerca del cálculo de áreas, de volúmenes, de centros de masa, de la eficiencia en la optimización de momentos y de procesos de una gran cantidad áreas de estudio como las ciencias naturales, las aplicaciones en la industria, en la economía, en la estadística, en el desarrollo tecnológico, entre otras más. Finalmente, el cálculo integral asienta las bases para un mayor desarrollo matemático.

Algunas estrategias para abordar la enseñanza del cálculo integral

“Cálculo integral es fácil, calcular una integral es fácil, lo difícil es la toma de decisiones respecto a cuál herramienta matemática utilizar según el ejercicio o problema que tengamos

enfrente...”; estas son las primeras palabras que digo al introducir el curso de cálculo integral, a pesar de empezar a sentirme repetitivo y poco original, lo sigo enunciando porque sostengo la idea de que en realidad lo complejo del cálculo (por lo menos en este curso básico) es decidir cuál principio aritmético, identidad trigonométrica, estrategia algebraica o cualquier otra herramienta matemática es la que me ayudará a encontrar el resultado al ejercicio planteado. Entendiendo por ejercicio, ya sea un problema de rutina o un problema práctico, según los distingue Polya (1965).

Para ser congruente con dicha idea, en la apertura del curso de cálculo integral se propone una actividad llamada *Un inicio sencillo*, y que se describe a continuación.

Un inicio sencillo

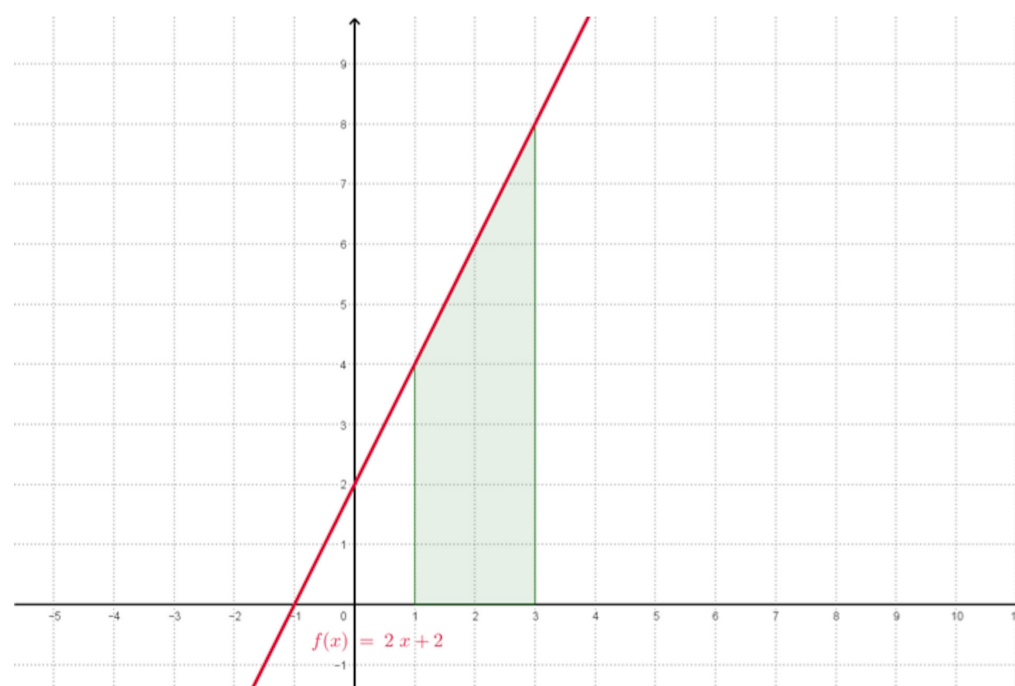
Es una actividad inductiva en la que se va guiando al alumno desde el concepto de área bajo la curva, pasando por las bases conceptuales de las antiderivadas y de las sumas de Riemann, hasta el cálculo de integrales definidas; en nuestro caso utilizamos GeoGebra para las diferentes representaciones gráficas. Esta actividad se divide en tres momentos específicos: 1) Graficar tres funciones lineales y calcular áreas bajo ellas; 2) Problematización ¿cómo se puede calcular el área bajo curvas?; 3) Redescubrir la antiderivada a partir del algoritmo del cálculo diferencial.

1) Graficar tres funciones lineales y calcular áreas bajo ellas

Aquí se les pide a los estudiantes graficar una función como la que se presenta en la figura 1.

Figura 1

Gráfica con área bajo la recta en el intervalo



Nota: Elaboración propia.

En cuanto terminan de graficar en su cuaderno, se les comenta que se calculará una determinada área, bajo esta recta, que estará delimitada por el intervalo que va de 1 a 3, y entonces se les pide sombrear esa área específica. A partir de aquí se hace la indicación de que calculen, como ellos quieran, el valor del área delimitada.

Enseguida se realiza un breve plenario, dirigido por el maestro, donde los alumnos dicen el valor del área y las estrategias que siguieron para calcularla. Esta es la parte importante del ejercicio, la exposición de estrategias diferentes; hay quienes dicen que cuentan los cuadrados en que se divide el plano; otros dividen la figura en dos partes, un rectángulo de dos unidades de base por cuatro de altura y un triángulo en la parte superior de este que tiene dos unidades de base por cuatro de altura, finalmente suman esas áreas.

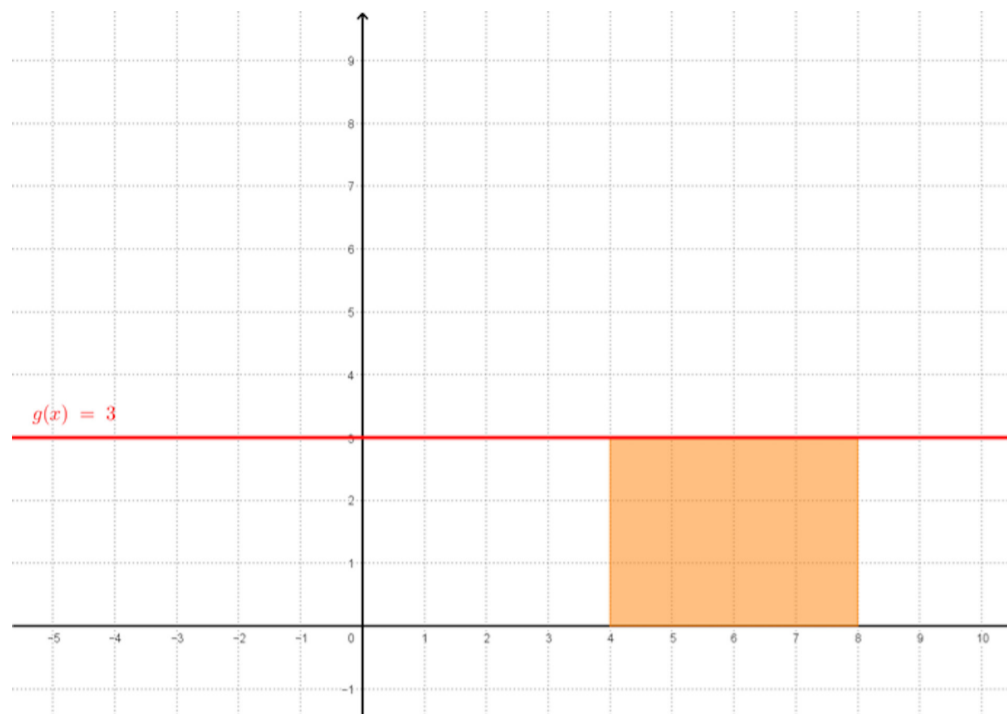
Si se acaban las ideas y estas no incluyeron el visualizar el área sombreada como un trapecio, es el maestro el que lo hace ver, señalando que las bases son las rectas verticales y la altura del trapecio es de dos unidades, conforme se puede apreciar en el eje de las equis. Lo que sí se plantea a los alumnos de forma rigurosa es la idea de calcular el área considerando lo siguiente:

1. Que se tiene un triángulo grande cuya base va desde -1 (que es la intersección de la recta con el eje) hasta 3 (el límite superior del área); la altura de este triángulo como es fácil verla, es de 8 unidades.
2. Que al triángulo grande (descrito en el inciso anterior se le puede restar un área de un triángulo más pequeño para que el resultado sea el área buscada; la base de ese triángulo más pequeño va desde -1 hasta 1 en el eje y su altura es de 4 unidades como se puede ver en la figura 1.
3. Se realizan los cálculos pertinentes a esta resta de áreas y así todos comprueban que, sin importar el procedimiento utilizado, el resultado es el mismo en todos los casos; el valor del área en este ejemplo es $12 u^2$.

Una vez hecho el procedimiento anterior, se les presenta la gráfica de la función (figura 2), de la que se obtendrá el valor del área bajo ella, delimitada por los valores de 4 a 8 ; la dinámica para el cálculo del área es semejante a la anterior: se buscan procedimientos diferentes, se comparten resultados y el maestro finalmente propone la resta de dos áreas, con una descripción como la siguiente.

Figura 2

Gráfica con área bajo ella en el intervalo



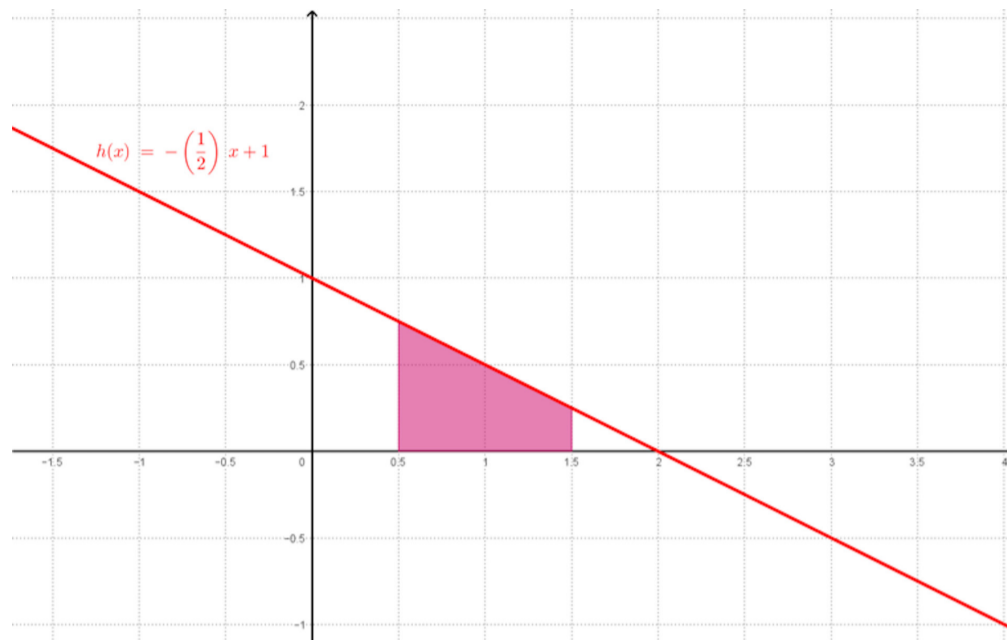
Nota: Elaboración propia.

1. Hay que especificar que se hará restando dos áreas, como en el ejercicio anterior, a un área mayor se le quitará un área menor.
2. El área mayor la conforma el rectángulo cuya base va desde el origen hasta 8 en el eje (la altura sigue siendo de 3 unidades).
3. El área menor la conforma el rectángulo que tiene una base de 4 unidades, desde el origen hasta 4 en el eje.
4. Se calculan las dos áreas y se restan, obteniéndose como resultado para este ejemplo un valor de $12u^2$.

De manera semejante se trabaja con la última gráfica que representa a la función (figura 3). Se debe poner cuidado si algún alumno propone también el contar los cuadrados en que se subdivide el plano para obtener el valor del área ya que, como se puede observar en la imagen, el acercamiento que se hace para poder distinguir el área bajo la recta provoca que cada cuadrado mida media unidad cuadrada, salvo esto, la dinámica es similar.

Figura 3

Gráfica con área bajo la recta en el intervalo



Nota: Elaboración propia.

1. El área mayor la conforma el trapecio cuya altura está definida por el eje de las x y mide 1.5 unidades a partir del origen; la base mayor es de 1 unidad y la base menor el valor de la función cuando vale 1.5 (0.25 unidades).
2. El área menor la conforma el trapecio con altura, según el eje x , de 0.5 unidades a partir del origen, siendo las medidas de sus bases 1 y 0.75 unidades.
3. Así, al área mayor se le resta el valor del área menor y se obtiene un total de $0.5u^2$.

Una vez consensado el valor de esta última área, se cuestiona a los estudiantes sobre cómo calcular el área bajo una curva, para así dar pie a la revisión conceptual de la sumas Riemann.

2) Problematicación ¿cómo se puede calcular el área bajo curvas?

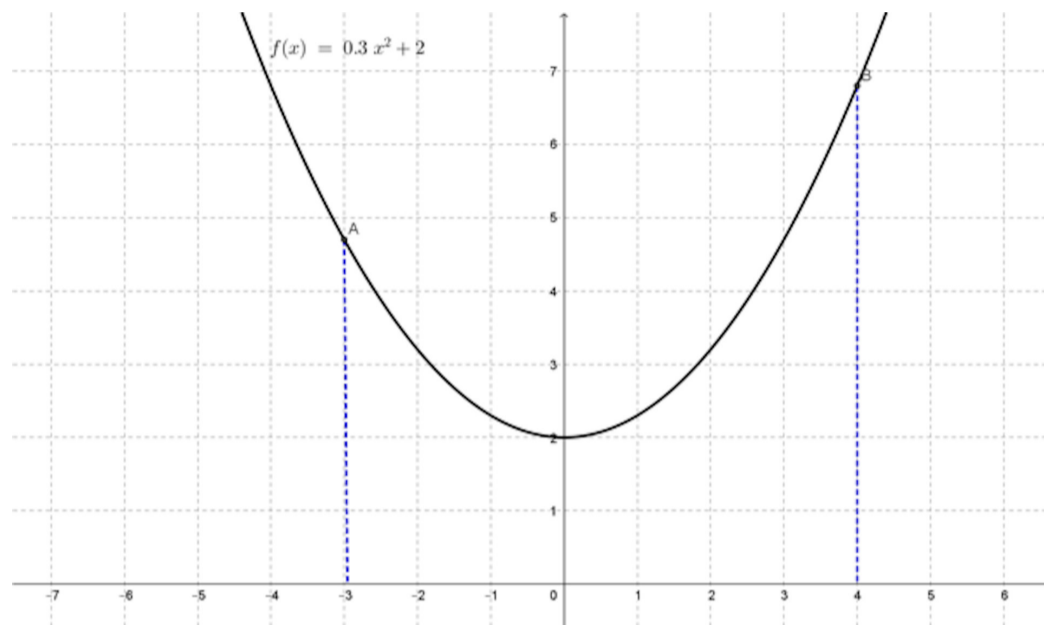
Revisados los diversos procedimientos y resultados para el cálculo del área en cada ejercicio, se presenta al grupo la gráfica de una parábola como la mostrada en la figura 4 y el maestro pregunta:

—Si tenemos esta parábola ¿cómo le haremos para calcular el área bajo ella delimitada entre -3 y 4 ?

Algún alumno pudiera sugerir contar las unidades cuadradas en que se subdivide el plano, se le hará notar la problemática con los cuadrados divididos por la curva y, aunque se dé un resultado aproximado, se les comenta que la intención es obtener un resultado lo más preciso posible.

Figura 4

Gráfica de la función



Nota: Elaboración propia.

En este punto, los alumnos están a la expectativa, por lo que no proponen muchas ideas de cómo aproximarse o calcular el área bajo la curva; pero el momento puede ser aprovechado por el profesor para realizar la siguiente sugerencia:

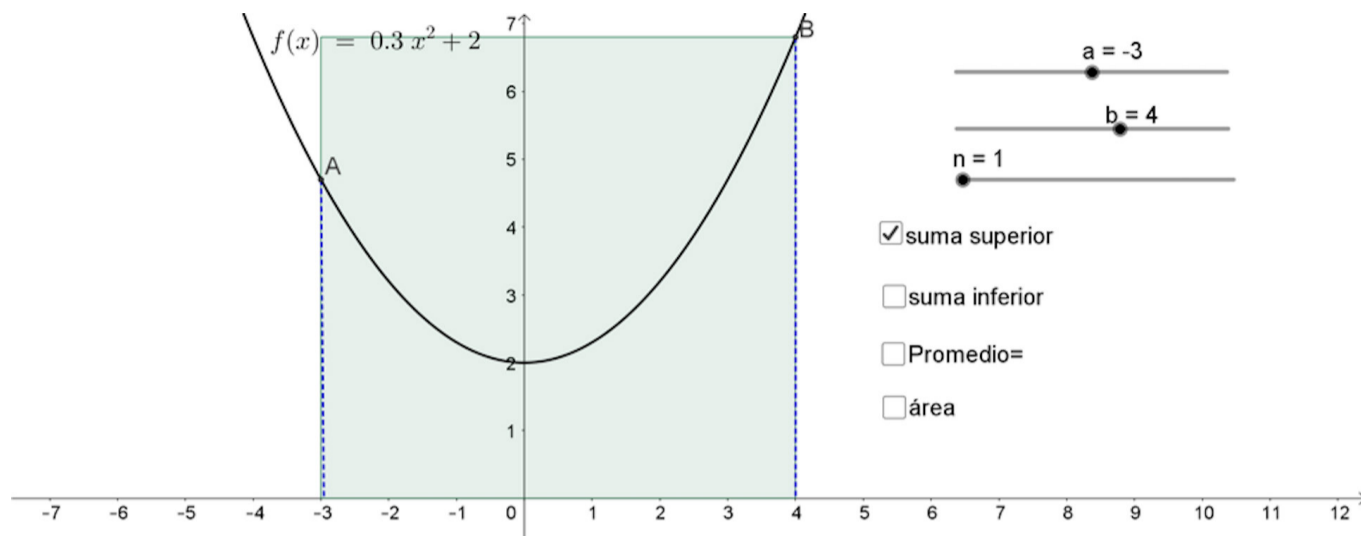
—Continuemos pensando en rectángulos; en realidad es fácil calcular el área de cualquier rectángulo, ¿qué tal si, considerando los límites que tenemos, construimos un rectángulo que contendrá el área bajo la curva?

Se manipula GeoGebra para mostrarle al grupo la figura 5 y el maestro continúa comentando:

—Con un rectángulo como este nos aseguramos de cubrir toda el área bajo la curva que nos interesa, pero es evidente que en esta zona sobre la curva — señalando el área por encima de la parábola— estamos considerando área que en realidad es un excedente a lo que queremos. ¿Qué otra cosa pudiéramos hacer?

Figura 5

Área superior con respecto a la curva con un solo rectángulo



Nota: Elaboración propia.

Los alumnos probablemente expresen algunas ideas, habrá que ponerles atención para poder usar sus propias ideas, dando pie a que el maestro indique lo siguiente:

—Muy bien, entonces ¿qué tal si ahora, en lugar de colocar un rectángulo sobre la parábola, lo ponemos por debajo de ella?

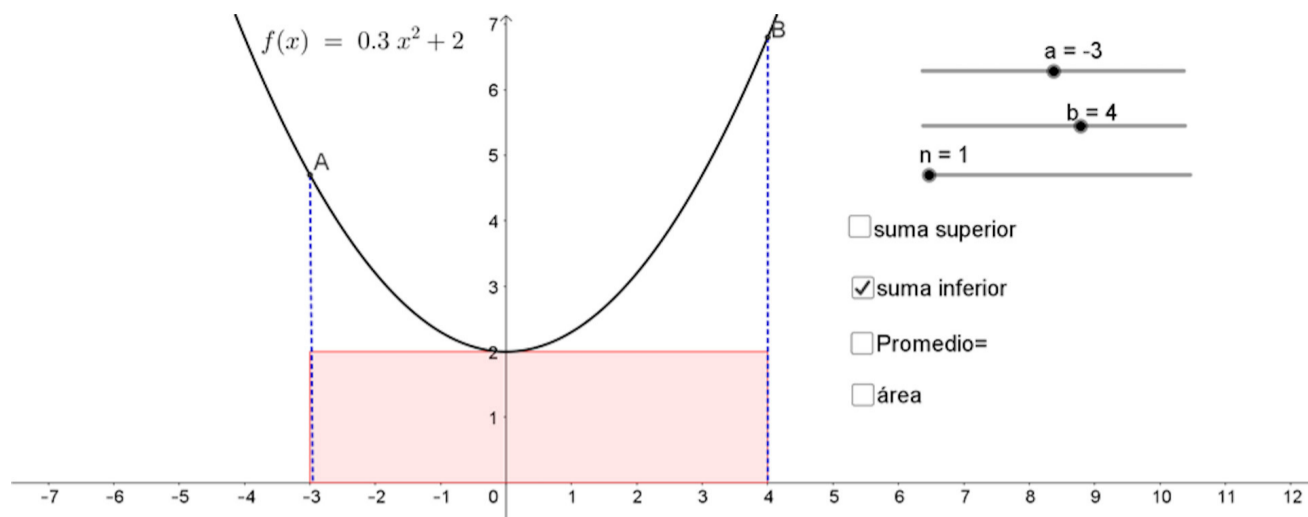
Y, en ese momento, los alumnos podrán apreciar el rectángulo bajo la curva como se muestra en la figura 6. Por lo que el maestro indicará lo siguiente:

—¿Qué es lo que notan?, ¿se cubre toda el área?, ¿qué tan próximos estaremos al valor real del área?

Cada intervención de los estudiantes a los cuestionamientos del profesor se puede aprovechar para precisar las propias ideas de los estudiantes, enriquecerlas, hasta dar pie a nuevas preguntas que continúen nutriendo el diálogo entre maestro, alumnos y conocimiento.

Figura 6

Área inferior con respecto a la curva con un solo rectángulo

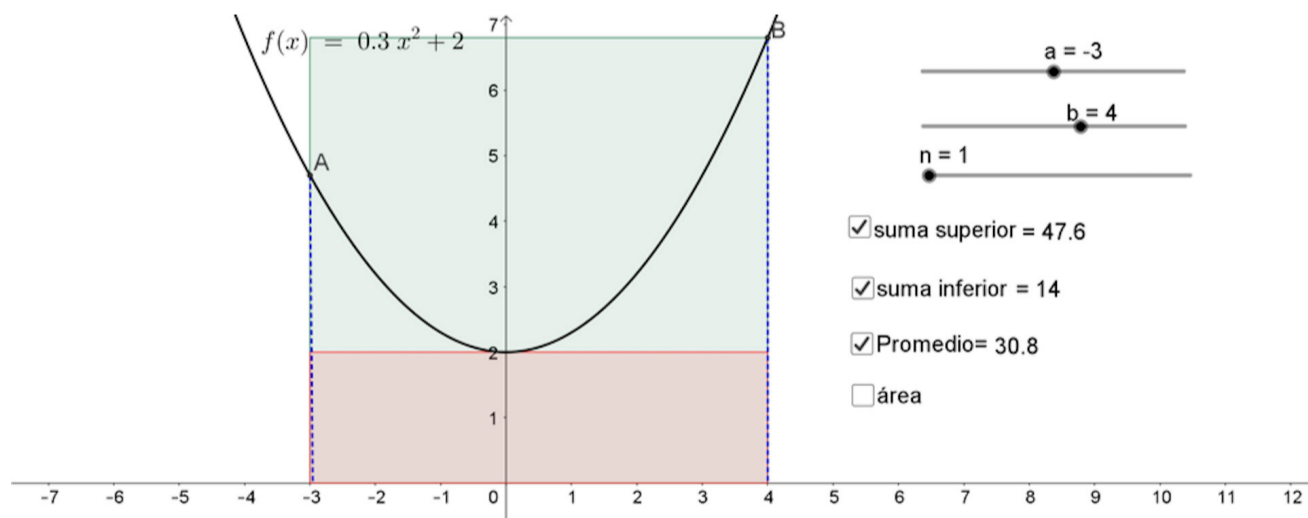


Nota: Elaboración propia.

En el momento en que se considere pertinente, se les presenta la posibilidad de promediar las dos opciones anteriores (figura 7), haciéndoles notar la discrepancia de los tres valores resultantes.

Figura 7

Promedio de las áreas con respecto a la curva con un solo rectángulo

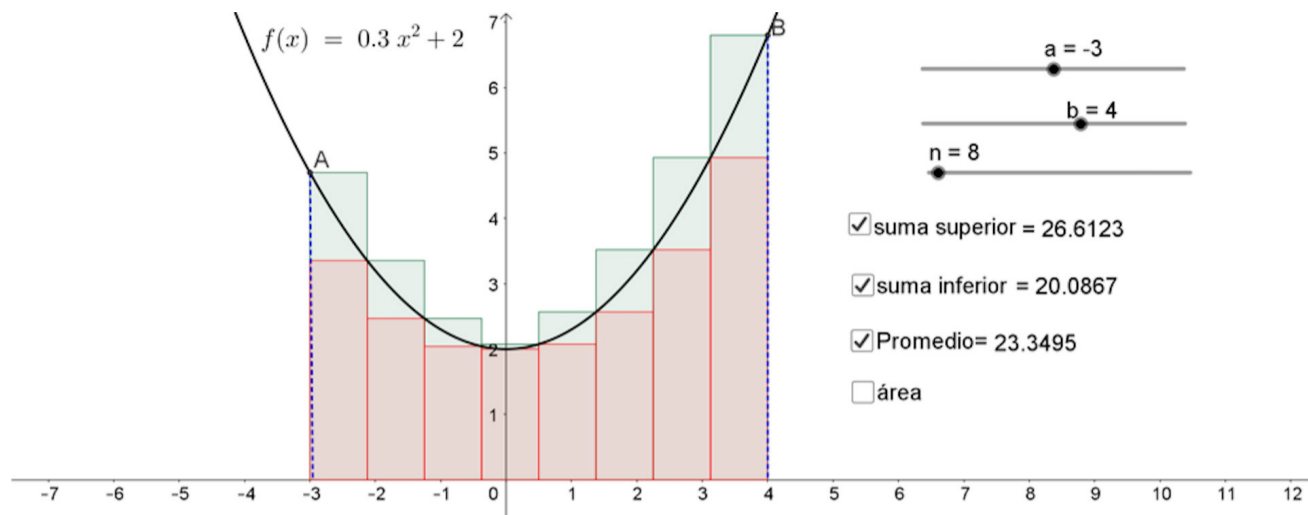


Nota: Elaboración propia.

A partir de aquí, se incrementa poco a poco la cantidad de rectángulos tanto encima como por debajo de la curva (valor de n en la gráfica), y por cada movimiento se analiza qué tan diferentes son los valores entre la suma superior, la suma inferior y el promedio, además de observar que el excedente de área dado por los rectángulos por encima de la curva va disminuyendo, del mismo modo que lo hace el área entre la curva y cada uno de los rectángulos inferiores (figuras 8 y 9).

Figura 8

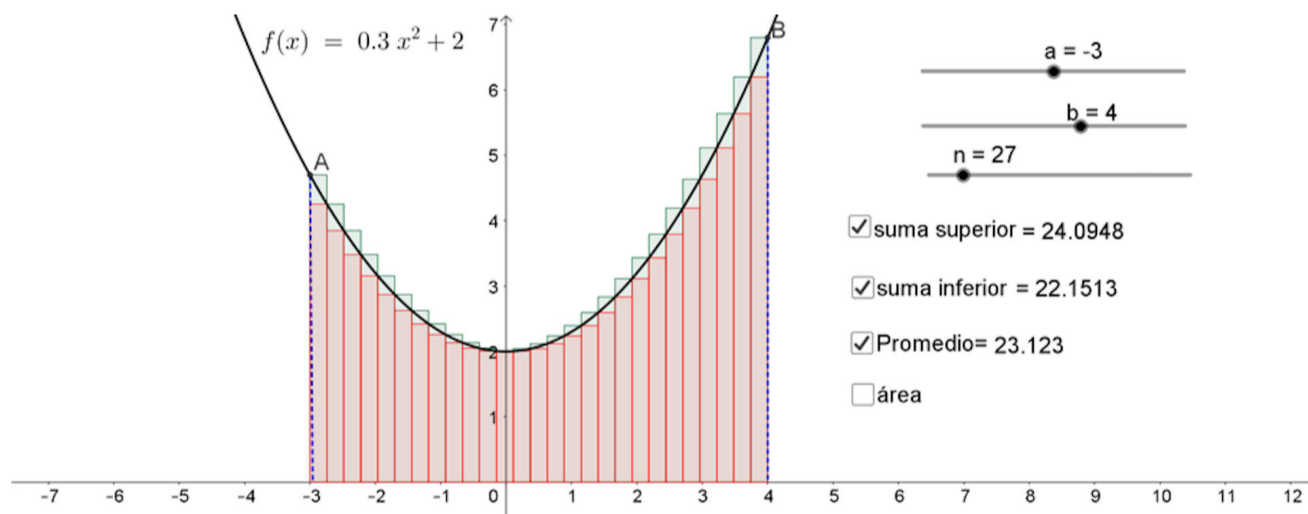
Promedio entre las sumas de áreas superiores e inferiores a la curva considerando 8 rectángulos



Nota: Elaboración propia.

Figura 9

Promedio entre las sumas de áreas superiores e inferiores a la curva considerando 27 rectángulos

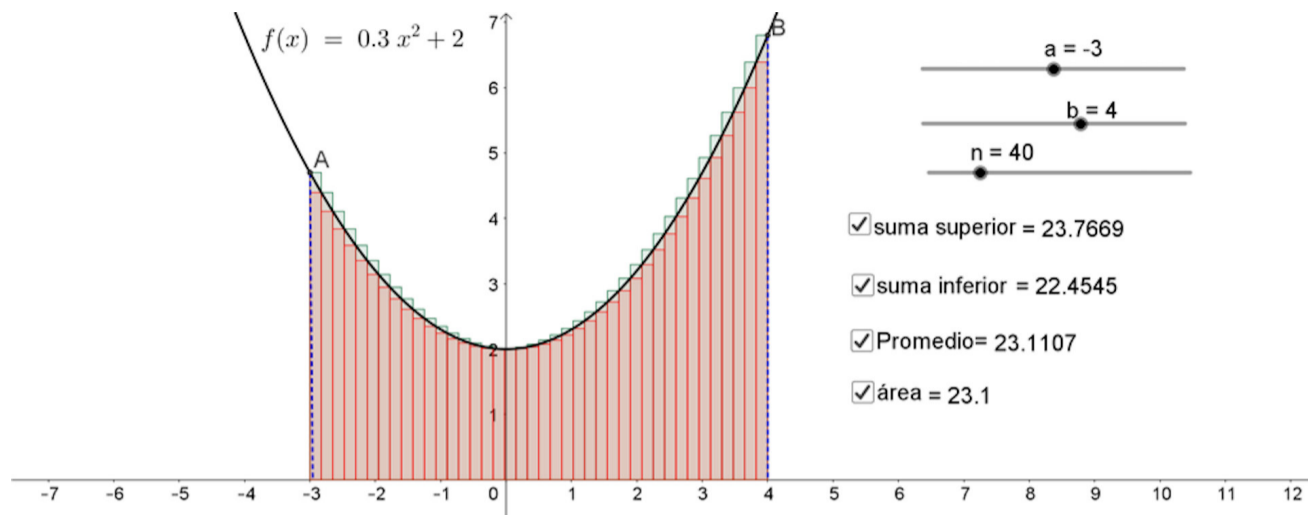


Nota: Elaboración propia.

Así, resulta casi natural percatarse que los valores difieren por apenas unos cuantos decimales; es en este momento en que se manipula de nuevo GeoGebra para mostrarles el valor exacto del área bajo la curva; se hace seleccionando la opción de “área” (la cual está configurada para calcular la integral de la función, tomando en cuenta los límites dados en a y b , por lo que dichos límites se pueden variar para realizar el cálculo de otros valores de área bajo la misma curva) como se puede apreciar en la figura 10.

Figura 10

Promedio entre las sumas de áreas superiores e inferiores a la curva considerando 40 rectángulos

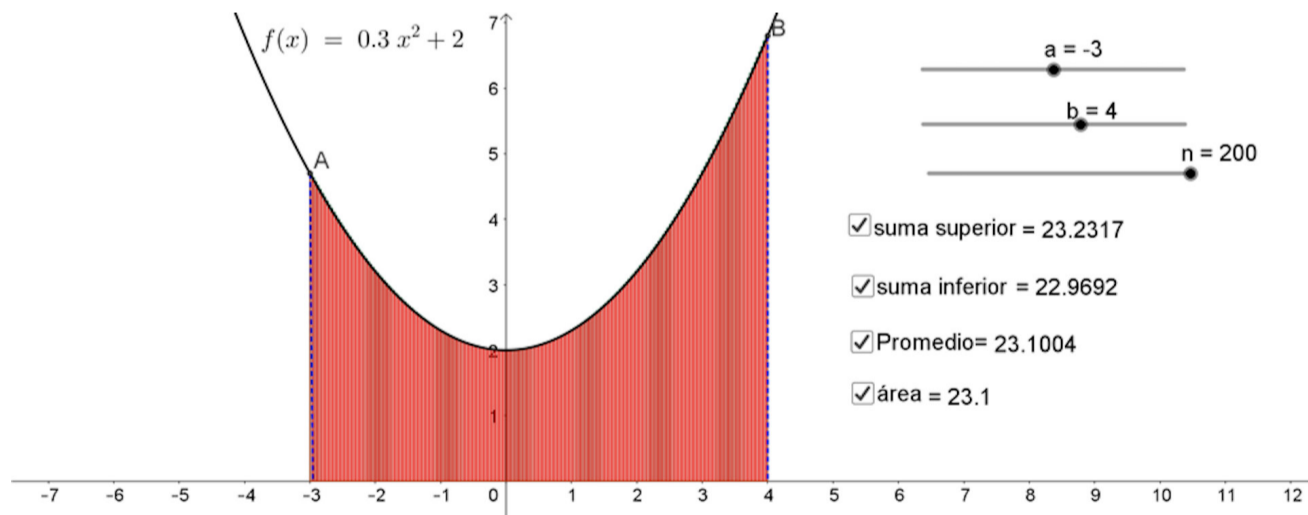


Nota: Elaboración propia.

La cantidad de rectángulos se puede ir incrementando (figura 11) tanto como se desee; de hecho, los valores del deslizador asociado a n se pueden editar para incrementarse y continuar con el análisis del límite al que tiende el valor del área que se está observando.

Figura 11

Promedio entre las sumas de áreas superiores e inferiores a la curva considerando 200 rectángulos



Nota: Elaboración propia.

Finalmente, se diserta con los estudiantes la realidad de que, sin importar la cantidad de rectángulos incluidos en el cálculo del área de interés, siempre habrá espacios excedentes en las sumas superiores y faltantes en las sumas inferiores, por ello, se les

hace ver la necesidad de que la base de los rectángulos sea lo suficientemente estrecha para no dejar espacios. Por lo que, el maestro cuestiona lo siguiente:

—¿Se dan cuenta que por más rectángulos que se añadan para calcular el área seguimos teniendo tanto excedentes en la parte superior como espacios faltantes en la inferior?, ¿y si redujéramos la base del rectángulo hasta que tuviera el ancho de un punto?, así, por cada punto de la función tendríamos un rectángulo del que podemos calcular su área ¿cómo podemos hacer eso?, ¿se acuerdan lo que es un diferencial?

Ante estos cuestionamientos, los estudiantes darán varias respuestas según lo recordado acerca de lo que es una derivada y lo que se obtiene al calcularla, de tal modo se les guía, con base en sus propios comentarios, que llegarán a relacionar al diferencial con ese punto requerido para la base de los rectángulos:

Maestro: ya tenemos entonces la base de cada uno de los n rectángulos necesarios para calcular con precisión el área bajo la curva, ahora bien, ¿cómo calculamos la altura de cada uno de ellos?

Alumnos: ¿es desde el eje hasta la curva?

Maestro: sí, la altura de cada rectángulo, en cada punto, va desde el eje cartesiano hasta la curva.

Alumno: entonces, la altura la da la función de la gráfica.

Con un diálogo semejante a este, se llegará a la conclusión de que, si sumamos todas las áreas de los rectángulos debajo de una curva en un intervalo cerrado, cuyas bases midan tanto como un diferencial y las alturas de estos estén determinadas por la función en cuestión, se tiene que calcular una integral que, en términos simplificados, es la suma infinita de áreas que se calculan multiplicando la medida de la base por la medida de la altura. En el entendido que la función es continua en ese intervalo cerrado.

3) Redescubriendo la antiderivada

En esta sesión de la clase de cálculo integral, se pretende guiar a los estudiantes en la construcción de un procedimiento que generalice la forma de calcular antiderivadas²; además, el docente deberá tener presente que los estudiantes ya tomaron un curso de

2 Este tipo de aprendizaje es denominado por Woolfolk (2006) como aprendizaje por descubrimiento guiado, mismo que se va dando a partir de las preguntas planteadas por el docente.

cálculo diferencial, por ello se propone escribir en el pizarrón las tres funciones lineales que se trabajaron anteriormente (ver inciso 1), junto a cada una se muestra también el área calculada y se genera un diálogo semejante al presentado en las siguientes líneas:

Maestro: *al inicio de la clase se mencionó que el cálculo integral se encarga de calcular, entre otras muchas cosas, el valor de las áreas bajo las curvas; también hemos escuchado —en términos simplificados— que el cálculo integral es la operación inversa del diferencial. Entonces, ¿cuál es el procedimiento para calcular una derivada?*

Alumnos: *el exponente multiplica al coeficiente. Al exponente le restamos 1.*

Maestro: *muy bien. Ahora, considerando esto, vamos tomando la primera función que graficamos, y vamos a partir del supuesto de que esta es una función que ya está derivada, es decir, teníamos una determinada función, la derivamos y como resultado me dio esta —señalando la ecuación de dos equis más dos—. La cuestión ahora es, si esta es una función que ya está derivada y si el cálculo integral es la operación inversa al cálculo diferencial ¿qué tenemos que hacerle a esta función para encontrar la función que la originó (la función primitiva)?*

Alumnos: *pues, al exponente le tenemos que sumar 1.*

Maestro: *¿por qué sumarle 1?*

Alumnos: *porque cuando derivamos le restamos ese 1. Hay que dividir el coeficiente.*

Maestro: *¿entre qué?*

Alumnos: *entre el exponente.*

Maestro: *¿cuál?, ¿el de antes de sumarle 1 o entre el exponente al que ya se le sumó?*

En este punto, se pueden dar diferentes opiniones; lo que se puede hacer para aclarar la situación es escribir un ejemplo sencillo en el pizarrón, algo para derivarlo entre todos y después realizar el proceso inverso, según describieron los estudiantes, y así comprobar si dicho procedimiento nos lleva a la función primitiva.

Maestro: *regresando a la primera función ¿cuál será entonces su antiderivada?*

Este momento se vuelve crucial porque propicia el intercambio de ideas y procedimientos que lleven al docente, con las aportaciones del grupo, a escribir en el pizarrón el planteamiento de la integral definida y los primeros pasos para su solución:

$$\int_1^3 2x + 2 \, dx = \frac{2x^{1+1}}{1+1} + \frac{2x^{0+1}}{0+1} \Big|_1^3 = \frac{2x^2}{2} + \frac{2x^1}{1} \Big|_1^3 = x^2 + 2x \Big|_1^3$$

Concluyendo de este modo que la antiderivada de $2x + 2$ es $x^2 + 2x$.

Maestro: *con esto, estamos afirmando que equis cuadrada más dos equis es la función primitiva u original de dos equis más dos ¿cómo comprobamos?*

Alumnos: *pues derivando equis cuadrada más dos equis y nos da dos equis más dos.*

Maestro: *muy bien. Ahora veamos cómo podemos incluir esto en el cálculo del área. ¿Recuerdan que uno de los procedimientos que hicimos cuando calculamos el área fue el de “al valor del área mayor le resto el valor del área menor”? Considerando esto, tomemos nuestra antiderivada y vamos sustituyendo en ella primero el valor del límite superior del intervalo con el que calculamos el área — escribe en el pizarrón:*

$$= [(3)^2 + 2(3)]$$

Maestro: *Y a esto le restaremos la sustitución que hagamos en la misma antiderivada con el límite inferior del intervalo, porque queremos restarle el área menor al área mayor — continúa escribiendo en el mismo renglón:*

$$= [(3)^2 + 2(3)] - [(1)^2 + 2(1)]$$

Maestro: *Ahora nada más simplifiquemos. Y tenemos como resultado que la medida del área bajo la curva es de 12 unidades cuadradas; compárenla con lo que nos había dado antes ¿coincide? Muy bien. Ahora, hagamos lo mismo con las otras dos funciones que trabajamos inicialmente, para corroborar, aunque sea de forma intuitiva, que nuestro método funciona. La siguiente función es 3, únicamente, con límites de 4 hasta 8 — y escribe en el pizarrón:*

$$\int_4^8 3 \, dx =$$

Maestro: *Estamos diciendo que lo que vamos a hacer es sumar todos los rectángulos que puedan caber debajo de esta función y que estén comprendidos en el intervalo de 4 a 8, y que además su base sea tan pequeña como un diferencial y su altura tanto como me lo indique la función en cada punto determinado. Ahora sí ¿qué tenemos que hacer para calcular la antiderivada de esta función?*

Alumnos: *sumarle uno al exponente.*

Maestro: *¿al exponente de quién si no tengo equis?*

Alumnos: *de equis a la cero, porque eso vale lo mismo que un uno y está acompañando a la constante.*

Maestro: *muy bien, y simplificando entonces nos queda... ¿qué procede ahora?*

Alumnos: *sustituir como hicimos en el otro ejercicio los valores de 4 y 8.*

Maestro: *¿en dónde?*

Alumnos: *en el lugar de las equis.*

Maestro: *de acuerdo, entonces nos queda así — escribe en el pizarrón:*

$$\begin{aligned} &= [3(8)] - [3(4)] \\ &= [24] - [12] \\ &= 12u^2 \end{aligned}$$

Maestro: *miren ahora, comparen estos resultados con los dos primeros ejercicios que trabajamos en un inicio, cuando debajo de cada curva tuvimos un área mayor a la que le restamos un área menor ¿acaso los resultados no son iguales?*

Alumnos: *—las expresiones varían— ¡sí!; es cierto; ¡oh! es verdad.*

Maestro: *si seguimos este mismo procedimiento ¿sucederá lo mismo con el resultado del tercer ejercicio que trabajamos? — escribe en el pizarrón:*

$$\int_{.5}^{1.5} \left(-\frac{1}{2}x + 1 \right) dx =$$

Maestro: *resuévanlo ustedes y veamos qué pasa.*

Salvo por las dudas procedimentales que se puedan suscitar, al concluir la solución del ejercicio, los alumnos verificarán que, en efecto, el resultado de esta integral es igual a $0.5u^2$, idéntico al que se había obtenido mediante otros procedimientos propuestos por ellos mismos, a partir del análisis de la gráfica de la función hecha en GeoGebra. Y, es precisamente en este instante donde el profesor puede conducir a los estudiantes hacia la generalización del procedimiento algorítmico realizado en los tres ejercicios.

Maestro: *para cerrar con este apartado, jóvenes, vamos generalizando el procedimiento que hemos hecho, ¿qué es lo que hicimos para calcular el área bajo la curva utilizando integrales? — a partir de aquí, a la par que habla va escribiendo en el pizarrón—. Tenemos la integral de una función, a la que podemos llamar u ; esta función tiene un exponente n , además, está multiplicada por el diferencial de esa función, mismo que denotamos como du y, para calcular la antiderivada de esta función al exponente, le sumamos uno y después el coeficiente lo dividimos entre esa suma. De este $+c$ vamos a hablar enseguida, de momento podemos decir que siguiendo esta “fórmula” es como se pueden calcular las antiderivadas o integrales, prácticamente establecimos un procedimiento general para empezar con esto:*

$$\int u^n du = \frac{u^{n+1}}{n+1} + c$$

Reflexiones para continuar

Se sabe que encontrar el valor del área bajo la curva es únicamente una de las aplicaciones del cálculo integral, pero se toma esta aplicación por su facilidad de ser representada gráficamente, además de que, en el caso de mis estudiantes de licenciatura en docencia de la matemática, es un concepto o definición ampliamente difundido entre ellos a partir de las clases de cálculo que cursaron en el bachillerato; prácticamente definen al cálculo integral como el cálculo del área bajo la curva y dejan de lado (porque no se los hicieron ver en su momento), que el cálculo integral tiene múltiples aplicaciones, dado que se encarga del estudio de eventos que se pueden matematizar, y por ello generalizar, gracias a la definición de magnitudes que se pueden estudiar a partir de dimensiones infinitamente pequeñas.

El uso de software libre como GeoGebra, facilita el acercamiento conceptual y de aplicación de la matemática, en nuestro caso del cálculo integral. Como se pudo ver a lo largo de este texto, lo aquí narrado es solo el inicio del curso, más adelante en la misma clase, se

sigue utilizando GeoGebra para afianzar el concepto y el procedimiento del cálculo del valor del área bajo la curva, enseguida del área entre dos curvas, lo que les ayuda a comprender el constructo del cálculo de volúmenes a través de los sólidos en revolución, así como de las superficies en revolución entre otras temáticas; claro, para el caso de estos gráficos que implican tres dimensiones se utiliza en clase la aplicación de GeoGebra 3D, con la consabida ventaja de que ahora con los dispositivos móviles como lo son los teléfonos celulares y las tabletas, no es necesario trasladar la clase al laboratorio de cómputo, porque se puede permanecer en el aula donde los estudiantes y el docente se sienten más en su medio, al estar ubicados en un espacio de trabajo/estudio previamente conocido y adecuado.

Como comentario final, resta decir que el presente es solo una propuesta que tiene la intención de aportar a la enseñanza-aprendizaje del cálculo integral algunas ideas que, en lo personal, han funcionado, aunque por iniciativa propia las mantengo en constante adaptación y actualización, si le son útiles estas ideas tómelas libremente, si las adecúa a su realidad, ¡adelante!, el conocimiento toma sentido cuando se comparte.

Referencias

- Álvarez, C. (2008). La etnografía como modelo de investigación en educación. *Gazeta de Antropología*, 24(1), 1-15. <http://hdl.handle.net/10481/6998>
- Anfossi, A., & Flores, M. (1996). *Cálculo diferencial e integral*. Progreso.
- Barfield, T., & Schussheim, V. (2000). *Diccionario de antropología*. Siglo XXI.
- Harding, S., & Scott, P. (2005). The history of the calculus. *Australian Mathematics Teacher*, 61(2), 2-5.
- López, F. (2018). *Geometría en Grecia*. http://www.ugr.es/~fjlopez/_private/Grecia.pdf
- Moreira, M. (2002). Investigación en educación en ciencias: métodos cualitativos. Texto de apoyo no. 14. *Programa Internacional de Doctorado en Enseñanza de las Ciencias*. Universidad de Burgos. Departamento de Didácticas Específicas. Burgos, España. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Instituto de Física. Porto Alegre, Brasil. www.if.ufrgs.br/~moreira/metodoscualitativos.pdf
- Polya, G. (1965). *Cómo plantear y resolver problemas*. Trillas.
- Woolfolk, A. (2006). *Psicología educativa*. Pearson Educación.

Capítulo 7

Propuesta de adopción de software libre en carreras universitarias de cómputo en la Universidad Autónoma del Estado de México

Anabelem Soberanes Martín y Magally Martínez Reyes

Aunque el término software libre parece ser muy claro, existe una confusión entre el significado de software y software gratuito. Según *GNU Operating System* (2019), software libre es aquel que respeta la libertad y la comunidad de los usuarios. Es decir, los usuarios tienen la libertad de ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software. En específico se refiere a una cuestión de libertad, no de precio.

Ahora bien, se debe caracterizar lo que se considera y lo que no se considera software libre, para ello se definen grados de libertad en este tipo de software. Las cuatro libertades esenciales que deben tener los usuarios sobre el programa para determinar si es software libre son las siguientes (GNU Operating System, 2019):

- La libertad de ejecutar el programa como desee, para cualquier propósito (libertad 0).
- La libertad de estudiar cómo funciona el programa y cambiarlo para que haga su computación como desee (libertad 1). El acceso al código fuente es una condición previa para ello.
- La libertad de redistribuir copias para que puedas ayudar a otros (libertad 2).
- La libertad de distribuir copias de sus versiones modificadas a otros (libertad 3). Al hacer esto, puede darle a toda la comunidad la oportunidad de beneficiarse de sus cambios. El acceso al código fuente es una condición previa para ello.

Una vez que se caracteriza al software libre, una primera interrogante sería ¿por qué no se incorpora este tipo de software en la formación universitaria de aquellos que deben desarrollar productos tecnológicos?



Dawson et al. (2015a) señalan que a medida que los costos de la educación continúan aumentando a nivel mundial, las instituciones deben ser innovadoras en la forma en que brindan los laboratorios educativos y otros materiales de instrucción. En los países en desarrollo, las aplicaciones de software libre podrían permitir a los estudiantes la capacidad de aprender habilidades tecnológicas críticas para el éxito a una pequeña fracción del costo.

Amador (2017) señala que uno de los principales problemas que tiene la implantación de software libre es la resistencia al cambio de sus usuarios. Por este motivo, es muy importante promover su uso desde la raíz y, en este caso, la educación escolar sería la clave para lograrlo.

En *GNU Operating System* (2020b) se indica que existen diversas razones por las cuales las universidades y las escuelas de todos los niveles deben utilizar exclusivamente software libre, las cuales son:

1. *Compartir*, el software libre favorece la educación al permitir compartir conocimientos y herramientas, las instituciones deberían enseñar con el ejemplo.
2. *Responsabilidad social*, las instituciones deben preparar a los estudiantes para que participen en una sociedad digital libre, mediante la enseñanza de habilidades que les permitan tomar el control de sus propias vidas con facilidad.
3. *Independencia*, las escuelas tienen la responsabilidad ética de enseñar la fortaleza, no la dependencia de un único producto o de una poderosa empresa en particular. Asimismo, al elegir software libre, la misma escuela gana independencia de cualquier interés comercial y evita permanecer cautiva de un único proveedor.
4. *Aprendizaje*, con el software libre los estudiantes tienen la libertad de examinar cómo funcionan los programas y aprender cómo adaptarlos si fuera necesario, también se aprende la ética del desarrollo de software y la práctica profesional.
5. *Ahorro*, esta es una ventaja por estar autorizadas a distribuir copias de los programas a bajo costo o gratuitamente, las escuelas pueden realmente ayudar a las familias que se encuentran en dificultad económica, con lo cual promueven la equidad y la igualdad de oportunidades de aprendizaje entre los estudiantes.
6. *Calidad*, el software libre es estable, seguro y fácilmente instalable, además, ofrece una amplia gama de soluciones para la educación, el objetivo principal es la libertad para los usuarios de computadoras.

El interés en el uso de software libre en las universidades va creciendo de manera paulatina, una de las herramientas que proporciona información al respecto son los *rankings* y los foros. Por ejemplo, uno que solo se hacía originalmente para España (2012 a 2014), a partir de 2015 calcula por separado el uso de software libre para Hispanoamérica.

A partir de 2015, los rankings para posicionar a las universidades a nivel mundial incluyen 65 indicadores que analizan todos los ámbitos de estas instituciones; uno de estos indicadores es la difusión que realizan del software libre. Esta difusión se midió mediante su IDSL (indicador que mide el compromiso que la universidad adquiere con la difusión del software libre) y lo compara con el resto de las universidades. Cuanto más se acerque el IDSL a 100, más destacada la universidad.

En el ranking de universidades en software libre (RuSL) cuarta edición del 2015, solo se encontraban cinco universidades mexicanas entre las 67; la Universidad Autónoma Metropolitana se encuentra en la posición 18 con 16.30% IDSL, la Universidad Nacional Autónoma de México en el lugar 21 con 14.66%, el Instituto Tecnológico de Monterrey en el lugar 23 con 13.43%, el Instituto Politécnico Nacional en la posición 42 con 7.08% y finalmente, la Universidad Iberoamericana Ciudad de México en el lugar 55 con 3.97% (RuSL, 2015).

Para la quinta edición del RuSL del 2016, el impacto siguió siendo mínimo, pero aumentaron a ocho universidad mexicanas de 137 hispanoamericanas: la Universidad Nacional Autónoma de México obtuvo el lugar 13 con 18.49%, seguida de la Universidad Veracruzana en el lugar 14 con 17.77%, después el Instituto Politécnico Nacional en la posición 23 con 12.86%, la Universidad Autónoma Metropolitana en la posición 50 con 7.20%, la Universidad Iberoamericana Ciudad de México en el lugar 57 con 6.46%, el Instituto Tecnológico de Monterrey en el lugar 61 con 6.27%, la Universidad Autónoma de Nuevo León en la posición 92 con 3.28%, finalmente, la Universidad Autónoma de San Luis Potosí en el lugar 118 con 2.41% (RuSL, 2016).

No se identificó a la Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex) en estos rankings, por lo cual surge el interés de proponer una forma de adopción que haga que la institución ingrese, pero además que los beneficios impacten en los estudiantes del área de conocimiento de tecnología y cómputo.

Revisión de programas de estudio de tres programas educativos

Ingeniería en Computación

El objetivo del programa educativo (PE) de Ingeniería en Computación (ICO) es:

[...] formar profesionistas que sean capaces de proveer soluciones computacionales innovadoras y sustentables a los problemas, requerimientos y necesidades específicas de la sociedad con responsabilidad ética y mediante la aplicación de metodologías y normas adecuadas en el desarrollo, implantación, optimización, administración y mantenimiento de sistemas de cómputo, que impliquen el uso o la integración de hardware, software y comunicación en diferentes plataformas y dispositivos. (UAEMex, 2018b, p.3)

El plan de estudio está integrado por siete áreas curriculares: Matemáticas, Entorno Social, Arquitectura de Computadoras, Redes, Software de base, Programación e Ingeniería de software, Tratamiento de la Información, e Interacción Hombre-Máquina. Se deben elegir de 64 a 67 Unidades de Aprendizaje (UA) obligatorias, de 6 a 9 optativas, con un total de 430 a 450 créditos. La distribución del número de UA por cada área curricular, además de los créditos se observa en la tabla 1.

Tabla 1

Resumen curricular del programa educativo de Ingeniería en Computación

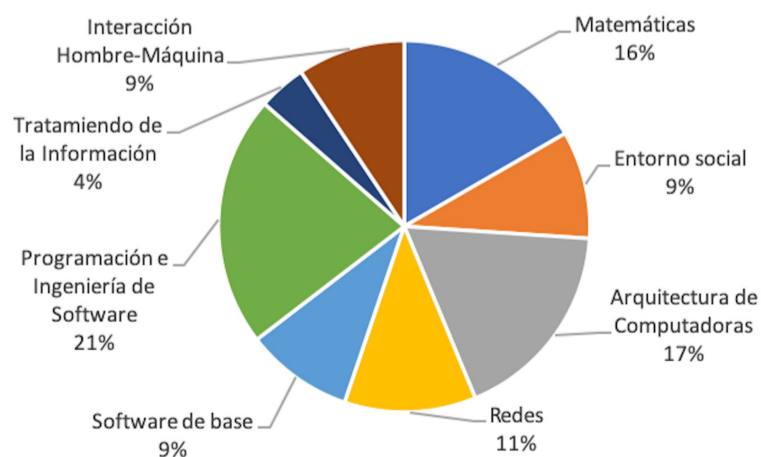
Área curricular	Unidades de aprendizaje	Créditos
Matemáticas	15	83
Entorno Social	15	49
Arquitectura de Computadoras	12	89
Redes	9	58
Software de base	7	50
Programación e Ingeniería de Software	15	111
Tratamiento de la Información	9	24
Interacción Hombre-Máquina	6	46

Nota: Elaboración propia con información de UAEMex (2018b).

El porcentaje del número de UA por cada área curricular se presenta en la figura 1, en donde se puede identificar que dos áreas de estudio: arquitectura de computadoras y programación e ingeniería de software, representan 38% del plan de estudios.

Figura 1

Distribución del porcentaje de UA por área curricular de ICO



Nota: Elaboración propia con información de UAEMex (2018b).

Ingeniería en Sistemas Inteligentes

El objetivo del PE de Ingeniería en Sistemas Inteligentes (ISI) es:

[...] formar profesionales en sistemas inteligentes que contribuyan al proceso social, económico y cultural del país y desarrollar en el alumno los aprendizajes competentes para: comprender los fundamentos científicos y tecnológicos de la ingeniería en computación, así como de sus áreas de desarrollo. Comprender y aplicar los conocimientos, técnicas y herramientas de la inteligencia artificial y la Minería de datos el desarrollo de sistemas inteligentes. Desarrollar sistemas computacionales, mediante métodos y técnicas de Inteligencia artificial para el tratamiento de la información, toma de decisiones y solución de problemas. (UAEMéx, 2018c, p. 2)

El plan de estudio está integrado por diez áreas curriculares: Matemáticas, Entorno Social, Arquitectura de Computadoras, Redes, Software de base, Programación e Ingeniería de software, Herramientas para los Sistemas Inteligentes, Descubrimiento de conocimientos a partir de datos, Tratamiento de la Información, y Reconocimiento de patrones. De donde se deben elegir 60 Unidades de Aprendizaje (UA) obligatorias y tres optativas, además de una actividad académica con un total de 439 créditos. Esto se observa en la tabla 2.

Tabla 2

Resumen curricular del programa educativo de Ingeniería en Sistemas Inteligentes

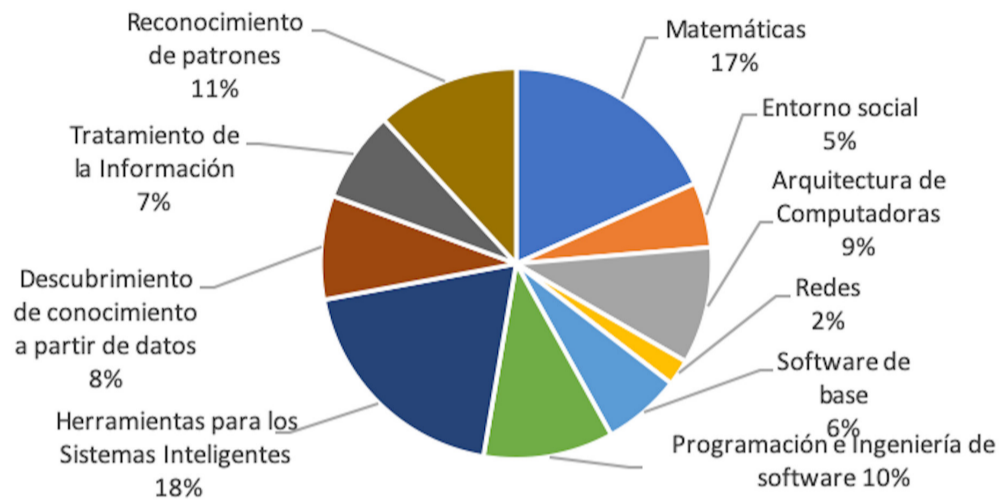
Área curricular	Unidades de aprendizaje	Créditos
Matemáticas	10	80
Entorno Social	4	26
Arquitectura de Computadoras	6	42
Redes	2	17
Software de base	4	30
Programación e Ingeniería de Software	6	47
Herramientas para los Sistemas Inteligentes	15	84
Descubrimiento de conocimientos a partir de datos	6	40
Tratamiento de la Información	6	32
Reconocimiento de patrones	6	53

Nota: Elaboración propia con información de UAEMex (2018c).

El porcentaje del número de UA por cada área curricular se presenta en la figura 2, en donde se puede identificar que dos áreas de estudio: matemáticas y herramientas para los sistemas inteligentes, representan 35% del plan de estudios.

Figura 2

Distribución del porcentaje de UA por área curricular de ICO



Nota: Elaboración propia con información de UAEMex (2018c).

Licenciatura en Informática Administrativa

El objetivo del Programa Educativo (PE) de la Licenciatura en Informática Administrativa (LIA) es “[...] formar profesionales con conocimientos sólidos en Tecnologías de la Información que diseñen, innoven e implementen sistemas de información con el fin de aplicarlos a los procesos de planeación, organización, dirección y control de una organización [...]” (UAEMex, 2018a, p.131).

El plan de estudio está integrado por seis áreas curriculares: Administración, Contaduría y finanzas, Idiomas, Ingeniería y seguridad y Lenguajes y Sistemas, y Tecnología y Arquitectura. Con 44 Unidades de Aprendizaje (UA) obligatorias y tres optativas, además de dos actividades académicas, con un total de 358 créditos. La distribución del número de UA por cada área curricular, además de los créditos se observa en la tabla 3.

El porcentaje del número de UA por cada área curricular se presenta en la figura 3, en donde se puede identificar que dos áreas de estudio: Administración, y Contaduría y finanzas, representan 24% del plan de estudios.

Tabla 3

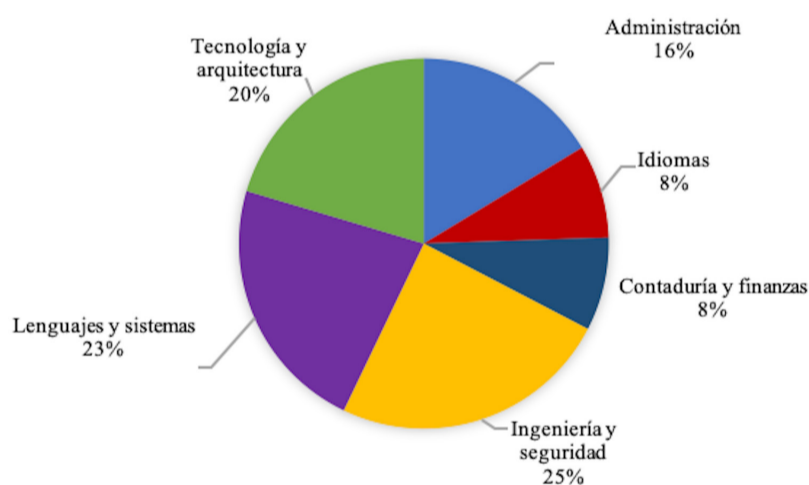
Resumen curricular del programa educativo de Licenciatura en Informática Administrativa

Área curricular	Unidades de aprendizaje	Créditos
Administración	8	53
Contaduría y finanzas	4	27
Idiomas	4	24
Ingeniería y seguridad	12+2*	117
Lenguajes y sistemas	14	92
Tecnología y Arquitectura	11	75

Nota: *Actividades académicas. Elaboración propia con información de UAEMex (2018a).

Figura 3

Distribución del porcentaje de UA por área curricular de LIA



Nota: Elaboración propia con información de UAEMex (2018a).

De este primer análisis, se deduce que las áreas curriculares de cada programa educativo contribuyen a la formación del perfil de egreso del estudiante, pero además determinan el énfasis en líneas de acentuación, mismas que son prioritariamente de corte tecnológico. Por lo que existe una necesidad de proporcionar a los estudiantes las herramientas de software más versátiles y accesibles para que desarrollen proyectos aplicados al objeto de estudio de su carrera. El análisis de los tipos de software de mayor uso en cada área curricular y su descripción será analizado en la siguiente sección.

Revisión de software libre que podría incorporarse a las asignaturas

Un concentrado de áreas curriculares de ICO, ISI y LIA se muestra en la tabla 4, donde además se incluye el tipo de software comercial que acostumbran a utilizar.

Tabla 4

Resumen curricular de los tres programas educativos y software de base

Área curricular	Software base
Matemáticas	Matlab, Maple
Arquitectura de Computadoras	EMU 8086
Redes	Packet Tracker de Cisco, Oracle Weblogic
Software de base	SQL Developer Edition
Tratamiento de la Información	Microsoft PROJECT 2013+
Herramientas para los Sistemas Inteligentes	Matlab, Pycharm
Descubrimiento de conocimientos a partir de datos	Proteus, Rational Rose
Programación e Ingeniería de Software	SPSS, STAR UML
Reconocimiento de patrones	Matlab, Pycharm
Interacción Hombre-Máquina	Benoit
Ingeniería y Seguridad	Packet Tracker de Cisco, Access, SQL Developer Edition, 3ds Max, UML
Lenguajes y sistemas	Access, Matlab, Oracle, CorelDRAW, Xampp, JDK con Netbeans
Tecnología y arquitectura	Microsoft Office, Kicad, ISE XILLINIX, Internet, Windows

Nota: Elaboración propia con información de UAEMéx (2018d).

Mientras que en la tabla 5 se muestran las mismas áreas curriculares de ICO, ISI y LIA, pero con la alternativa de software libre.

Tabla 5

Resumen curricular de los tres programas educativos y software de base

Área curricular	Software base
Matemáticas	Scilab, Octave
Arquitectura de Computadoras	DOSBox, NASM, GitHub

Área curricular	Software base
Redes	GNS3, Dynamips y EVE Community Edition, Apache Tomcat, Payara
Software de base	SQL Developer Edition
Tratamiento de la Información	ProjectLibre, OpenProj
Herramientas para los Sistemas Inteligentes	PyCharm Community Edition, Visual Studio Code, Atom, NetBeans, Visual Studio Community, PyDev
Descubrimiento de conocimientos a partir de datos	KiCad, AutoCAD Electrical, EasyEDA.com, Inventor
Programación e Ingeniería de Software	PSPP, Umbrello UML Modeller y UMLet, Papyrus UML y UML Designer para Eclipse, BoUML, ArgoUML
Reconocimiento de patrones	PyCharm Community Edition
Interacción Hombre-Máquina	Mandala Explorer, Fractaly, Orange
Ingeniería y Seguridad	GNS3, Dynamips y EVE Community Edition, Umbrello UML Modeller y UMLet, Papyrus UML y UML Designer para Eclipse, ArgoUML
Lenguajes y sistemas	Trisquel GNU/Linux, Apache Tomcat, Octave, FreeCAD, Blender, GDevelop, Racket
Tecnología y arquitectura	Web, GNU IceCat, LibreOffice, Etherpad, EtherCalc, Jitsi

Nota: Elaboración propia con información de UAEMex (2018d) y GNU Operating System, (2020a).

Ahora bien, una breve descripción de esta recomendación de software con su descripción y vínculo de acceso para descarga se muestra en la tabla 6.

Tabla 6

Resumen de software libre y descripción

Software libre	Descripción
Scilab	Software gratuito de código abierto para programación numérica que proporciona un entorno para aplicaciones de ingeniería y científicas, similar a Matlab. Es un lenguaje de programación matemática de alto nivel con acceso a cientos de funciones, estructuras de datos avanzadas y funciones gráficas en 2D y 3D. Acceso: https://scilab.softonic.com/

Software libre	Descripción
Octave	<p>Lenguaje de alto nivel inicialmente desarrollado para operaciones numéricas. Proporciona una interfaz de línea de comandos para resolver problemas numéricos tanto lineales como no lineales. Incluye herramientas para resolver problemas numéricos de álgebra lineal, búsqueda de raíces de ecuaciones no lineales, integración de funciones ordinarias, manipulación de polinomios, integración de ecuaciones diferenciales algebraicas y generación de gráficas.</p> <p>Acceso: https://www.gnu.org/software/octave/</p>
DOSBox	<p>Emulador que recrea un entorno similar al sistema DOS con el objetivo de poder ejecutar programas y videojuegos originalmente escritos para el sistema operativo MS-DOS de Microsoft en computadoras más modernas o en diferentes arquitecturas (como Power PC).</p> <p>Acceso: https://dosbox.uptodown.com/windows</p>
NASM	<p>Ensamblador y desensamblador para el Intel x86 arquitectura. Se puede utilizar para escribir 16 bits, 32 bits (IA-32) y 64 bits (x86-64 programas, puede utilizarse para escribir gestores de arranque, memoria de solo lectura de imágenes (ROM), y en diversas facetas del desarrollo del sistema operativo.</p> <p>Acceso: https://www.nasm.us/pub/nasm/releasebuilds/?C=M;O=D</p>
GitHub	<p>Plataforma de desarrollo de código abierto para alojar y recibir código, administrar proyectos y crear software.</p> <p>Acceso: https://github.com/adriancable/8086tiny</p>
GNS3	<p>Simulador gráfico de red que permite diseñar topologías de red complejas y poner en marcha simulaciones permitiendo la combinación de dispositivos tanto reales como virtuales.</p> <p>Acceso: https://www.gns3.com/</p>
Dynamips	<p>Emulador de equipos Cisco, que emula routers 1700, 2600, 3600, 3700, y 7200.</p> <p>Acceso: https://github.com/GNS3/dynamips</p>
EVE Community Edition	<p>Primer software de emulación de red de múltiples proveedores sin cliente que brinda a los profesionales de redes y seguridad enormes oportunidades en el mundo de las redes.</p> <p>Acceso: https://www.eve-ng.net/index.php/download/</p>
Apache Tomcat	<p>Contenedor de servlets que se puede usar para compilar y ejecutar aplicaciones web realizadas en Java. Implementa y da soporte tanto a servlets como a páginas JSP (Java Server Pages) o Java Sockets.</p> <p>Acceso: https://tomcat.apache.org/download-80.cgi</p>

Software libre	Descripción
Payara	<p>Plataforma de aplicaciones de middleware nativa de la nube que admite sistemas de producción de misión crítica con implementaciones confiables y seguras de aplicaciones Jakarta EE en las instalaciones, en la nube o en entornos híbridos.</p> <p>Acceso: https://www.payara.org/ https://www.payara.fish/downloads/</p>
MySQL	<p>Servicio de base de datos totalmente administrado para implementar aplicaciones nativas de la nube utilizando la base de datos de código abierto más popular del mundo.</p> <p>Acceso: https://www.mysql.com/downloads/</p>
Dbeaver	<p>Herramienta de base de datos multiplataforma gratuita para desarrolladores, administradores de bases de datos, analistas y todas las personas que necesitan trabajar con bases de datos.</p> <p>Acceso: https://dbeaver.io/</p>
ProjectLibre	<p>Software de administración de proyectos de código abierto, similar a Microsoft Project. ProjectLibre corre sobre la plataforma Java, lo que permite ejecutarlo en varios sistemas operativos.</p> <p>Acceso: https://sourceforge.net/projects/projectlibre/</p>
OpenProj	<p>Aplicación de gestión de proyectos de escritorio de código abierto similar a Microsoft Project, es interoperable con Project, Diagramas de Gantt y diagramas PERT.</p> <p>Acceso: https://sourceforge.net/projects/openproj/files/latest/download</p>
PyCharm Community Edition	<p>Utilizado para el desarrollo de Python tanto científico como de web. Compatible con HTML, JS y SQL.</p> <p>Acceso: https://www.jetbrains.com/es-es/pycharm/download/#section=windows</p>
Visual Studio Code	<p>Editor de código fuente desarrollado por Microsoft para Windows, Linux y macOS. Incluye soporte para la depuración, control integrado de Git, resaltado de sintaxis, finalización inteligente de código, fragmentos y refactorización de código.</p> <p>Acceso: https://code.visualstudio.com/download</p>
Atom	<p>Editor de código fuente de código abierto para macOS, Linux, y Windows con soporte para múltiples plug-in escritos en Node.js y control de versiones Git integrado.</p> <p>Acceso: https://flight-manual.atom.io/getting-started/sections/installing-atom/</p>
NetBeans	<p>Entorno de desarrollo integrado libre, hecho principalmente para el lenguaje de programación Java.</p> <p>Acceso: http://netbeans.apache.org/</p>

Software libre	Descripción
Visual Studio Community	Entorno de desarrollo integrado para Windows y macOS. Es compatible con múltiples lenguajes de programación, tales como C++, C#, Visual Basic. Acceso: https://visualstudio.microsoft.com/es/downloads/
PyDev	Complemento de terceros para Eclipse. Es un entorno de desarrollo integrado que se utiliza para programar en Python y admite la refactorización de código, la depuración gráfica y el análisis de código, entre otras características. Acceso: https://www.pydev.org/download.html
KiCad	Programa multiplataforma, escrito en C ++ con wxWidgets para ejecutarse en FreeBSD, Linux, Microsoft Windows y Mac OS X. Se encuentran disponibles muchas bibliotecas de componentes y los usuarios pueden agregar componentes personalizados. Los componentes personalizados pueden estar disponibles por proyecto o instalados para su uso en cualquier proyecto. Facilita el diseño de esquemáticos para circuitos electrónicos y su conversión a placa de circuito impreso. Acceso: https://kicad-pcb.org/download/
AutoCAD Electrical	Software de CAD que forma parte de la solución de desarrollo de prototipos digitales. Incluye todas las funciones de AutoCAD. Acceso: https://www.autodesk.mx/products/autocad/free-trial
EasyEDA	Biblioteca de acceso gratuito a símbolos esquemáticos listos para usar, huellas de PCB, modelos STEP 3D y circuitos. Acceso: https://easyeda.com/
Inventor	Inventor, Autodesk Inventor es un paquete de modelado paramétrico de sólidos en 3D producido por la empresa de software Autodesk. Compite con otros programas de diseño asistido por computadora como SolidWorks, Pro/ENGINEER, CATIA y Solid Edge. Acceso: https://www.autodesk.mx/products/inventor/free-trial
PSPP	Aplicación de software libre para el análisis de datos. Se presenta en modo gráfico y está escrito en el lenguaje de programación C. Acceso: https://www.gnu.org/software/pspp/get.html
Umbrello UML Modeller	Parte de KDE Software Compilation, lo que significa que viene con todas las distribuciones GNU / Linux. Acceso: https://umbrello.kde.org/installation.php
UMLet	Herramienta UML de código abierto basada en Java diseñada para enseñar el lenguaje de modelado unificado y para crear rápidamente diagramas UML. Acceso: https://www.umlet.com/changes.htm

Software libre	Descripción
Papyrus UML	Herramienta UML 2 de código abierto basado en Eclipse y bajo licencia EPL. Acceso: https://www.eclipse.org/papyrus/download.html
UML Designer para Eclipse	Herramienta gráfica para editar y visualizar modelos UML 2.5. Acceso: http://www.uml designer.org/download/
BoUML	Aplicación que permite realizar diagramas UML 2 para especificar y generar código en C++, Java, Idl, Php, Python y MySQL. Acceso: https://www.bouml.fr/download.html
ArgoUML	Acceso: https://osluz.unizar.es/aplicación/argouml
Mandala Explorer	Permite dibujar varios tipos de imágenes fractales, explorando un sinfín de posibilidades cambiando los parámetros de las ecuaciones subyacentes. Acceso: http://www.russellcottrell.com/mandalaexplorer/download.asp
Fractaly	Explorador web que funciona directamente desde el navegador, no hace falta descargar software y es multiplataforma. Se comporta como un programa de diseño de fractales, en el que basta ir dibujando sobre una rejilla y definir algunas reglas para crear coloridos fractales recursivos. Acceso: https://docs.gimp.org/es/plug-in-fractalexplorer.html
Orange	Software de visualización de datos y aprendizaje automático de código abierto, minería de datos. Acceso: https://orange.biolab.si/download/
Trisquel GNU / Linux	Sistemas operativos. Compuesto exclusivamente por software que respeta tu libertad. Acceso: https://trisquel.info/
Web, GNU IceCat	Navegadores que no rastrean a los usuarios. Acceso: https://directory.fsf.org/wiki/Epiphany https://directory.fsf.org/wiki/Gnuzilla
LibreOffice	Potente suite de oficina. Los documentos no se cargan en servidores de terceros. Acceso: https://directory.fsf.org/wiki/LibreOffice
Jitsi, Jitsi Meet (basado en navegador)	Totalmente autohospedado (se recomienda Prosody como servidor XMPP) y basado en navegador. Los estudiantes pueden chatear en muchas plataformas sin que sus rostros sean escaneados por algoritmos de reconocimiento facial y sin que se graben su voz y texto. Acceso: https://jitsi.org/jitsi-meet/
Blender	Suite 3D que incluye un editor de video y un motor de juegos que se puede usar sin programación (a través de bloques lógicos). Acceso: https://directory.fsf.org/wiki/Blender

Software libre	Descripción
FreeCAD	Modelador CAD 3D paramétrico de alta calidad. Acceso: https://directory.fsf.org/wiki/FreeCAD
GDevelop	Herramienta de desarrollo de juegos sin código basada en arrastrar y soltar. Ideal para enseñar a los estudiantes conceptos de programación mientras se divierten. Acceso: https://directory.fsf.org/wiki/GDevelop
Racket	Lenguaje de programación y entorno con batería, adecuados tanto para estudiantes como para asistentes de Lisp / Scheme. A pesar de ser un lenguaje de programación funcional, diseñado para ser educativo. Acceso: https://directory.fsf.org/wiki/Racket

Nota: Elaboración propia con información de UAEMex (2018d) y GNU Operating System, (2020a).

Lo que se puede deducir de la tabla 6 es que existe software libre alternativo al software propietario o comercial que por costumbre se utiliza, que ofrece la misma versatilidad para el desarrollo de aplicaciones computacionales para cubrir el objeto de estudio de los tres PE, de manera que solo queda la interrogante ¿por qué no se incorpora a las clases este tipo de software libre?

Propuesta de incorporación de software libre en los diferentes programas educativos

Como lo reporta la literatura (Amador, 2017; Armijos & Delgado, 2018), entre los principales problemas que tiene la implantación de software libre están:

- La resistencia al cambio de sus usuarios, tanto profesores como estudiantes. En el caso de la Universidad Autónoma del Estado de México, lo que reporta la Dirección de Tecnologías de la Información y la Comunicación (DTIC, 2018) es que en su programa de capacitación para ambos sectores se incluyen cursos para el manejo de este tipo de software libre.
- Dentro de los aspectos relacionados con el factor humano se identifica: la falta de liderazgo en los profesores, falta de tiempo para dedicarse al desarrollo de software, proyectos inconclusos limitados a una materia, falta de conocimientos técnicos y experiencia de los desarrolladores, ausencia de políticas de adopción y organización, ausencia de mediciones de desempeño y documentación de procesos.

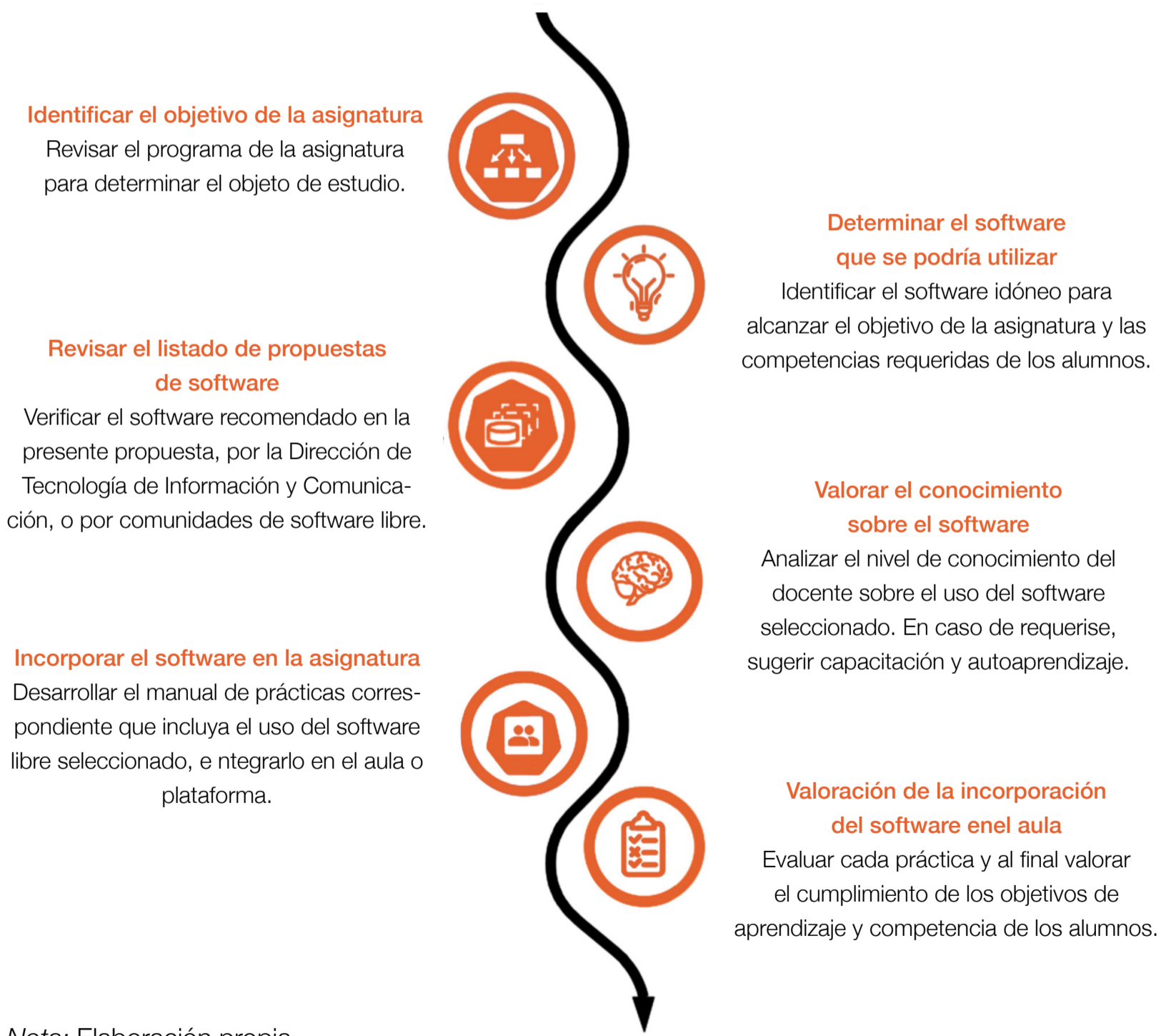
Por su parte, los factores de éxito para proponer una adopción de software libre son: contar con personal preparado y con experiencia en implementar software libre, contar con un plan de adopción, usar metodologías ágiles, asignar recursos para el de-

sarrollo de software, administrar la evolución del software libre, contribuir con código abierto, evaluar el software en términos de satisfacción del cliente y del personal, facilitar la cooperación, implementar mejores prácticas, tener claridad en políticas corporativas y estándares, contar con flexibilidad de la infraestructura TI, tener liderazgo, entre otras.

Por lo que la falta de capacitación es solo uno de los impedimentos para un proceso de adopción de software libre, lo que nos lleva a explorar la necesidad de una estrategia de adopción que además enfatice la instrumentación en términos de diseño de actividades, más que solo el manejo del software. En la figura 4 se esquematiza la propuesta.

Figura 4

Propuesta de adopción de software libre para los tres programas educativos

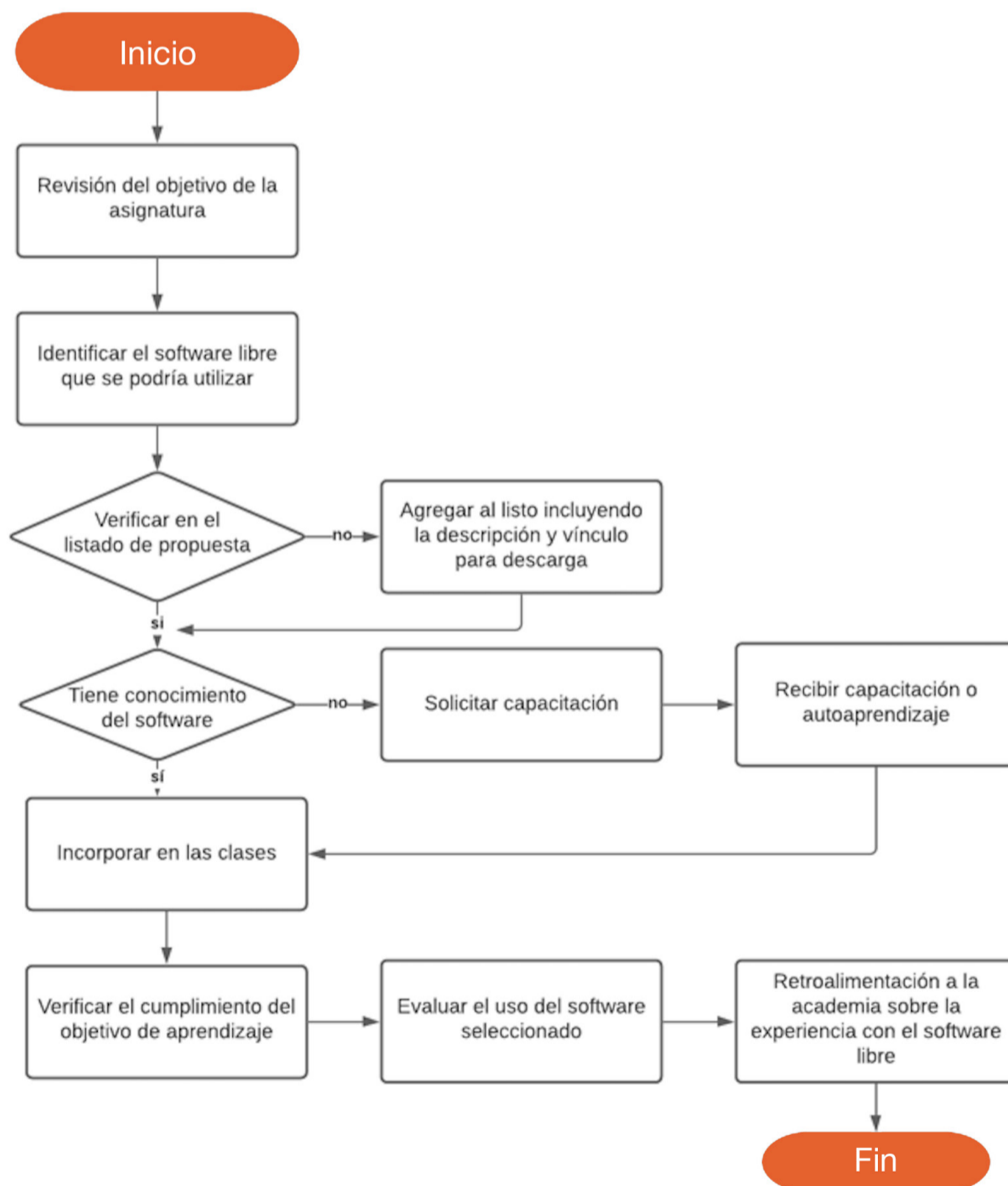


Nota: Elaboración propia.

Ahora bien, el diseño instruccional es una técnica pedagógica que permite planear de manera detenida la instrumentación de una clase, incorporando estrategias, métodos, técnicas y herramientas; en este caso, la herramienta es el software, pero hay una serie de toma de decisiones alrededor del diseño para llegar a una incorporación planeada con objetivos claros y productos a evaluar, que permitan orientar la construcción de conocimiento en el estudiante, y que además puede ser colegiada por los profesores que imparten en una misma área curricular o en una línea de acentuación de un PE, para lo cual una aproximación de las fases del diseño se ejemplifican en la figura 5.

Figura 5

Propuesta de adopción de software libre para los tres programas educativos



Nota: Elaboración propia.

En un caso concreto, para la asignatura de Matemáticas Aplicadas a la Informática en LIA, dentro del área curricular de matemáticas, se tiene como objetivo de la asignatura:

- Analizar e interpretar datos, mediante los conceptos fundamentales del cálculo, la probabilidad y la estadística descriptiva en la disciplina Informática.
- Identificar el software libre que se puede utilizar. Transitar de Matlab y Maple al software libre Scilab y Octave.
- Verificar en el listado de programas. Se incluyen Scilab y Octave como alternativas.
- Esclarecer si se tiene conocimiento del software por parte del docente. Scilab y Octave se mantienen como manipuladores simbólicos que permiten explorar contenidos de matemáticas, permite graficar funciones y calcular derivadas, integrales y límites de funciones reales.
- Diseñar la capacitación en el manejo del software para el alumno: Scilab y Octave cuentan con videos de capacitación para su uso.
- Incorporar en las clases. Dentro de la estructura de la asignatura de Matemáticas aplicadas se contempla:
 1. Introducción al cálculo. Distinguir los elementos del cálculo diferencial e integral y sus áreas de aplicación: Límites, Derivadas, Integrales. Se utiliza el cálculo de estos conceptos en ambos softwares libres.
 2. Aplicaciones del Cálculo. Analizar casos prácticos de los diferentes modelos aplicativos para la identificación de máximos, mínimos, puntos de inflexión y áreas debajo de la curva. Criterio de la primera derivada e identificación de Concavidad, Criterio de la Segunda Derivada e identificación de Máximos y Mínimos, Integral Definida y área debajo de la curva. Se utiliza el cálculo de estos conceptos en ambos softwares libres.
- Verificar el cumplimiento del objetivo de aprendizaje. Se cumple el objetivo de aprendizaje de ambos temas.
- Evaluar el uso del software seleccionado. Al concluir ambas unidades se toma en cuenta la facilidad de uso y acceso al software, la manipulación del código para evaluar diversos tipos de funciones y graficar.
- Contar con retroalimentación de la academia sobre la experiencia del software libre. Se presenta en reunión de la Academia de Matemáticas, se solicita la participación para desarrollar más actividades a trabajar en software libre y se solicita retroalimentación de los profesores en experiencias de uso.

Algo interesante de la incorporación del software libre en un PE es que además de permitir compartir conocimientos y herramientas en actividades muy aplicadas como es el diseño y desarrollo de software y aplicaciones tecnológicas, esta cultura se extiende a

crear comunidad incentivando otras actividades, como la investigación colegiada, consulta de base de datos de revistas de acceso abierto, consulta de materiales didácticos en repositorios de acceso abierto, entre otros, donde también adquiere utilidad la adopción del software libre.

Incorporación en áreas complementarias

Como se mencionó, entre las ventajas del uso de software libre está el compartir conocimientos, esta es una finalidad en la investigación, ya que lograr un avance en una disciplina científica requiere de conocer lo que existe para proponer otras alternativas de solución a un problema, mejorar algún proceso, o ratificar los resultados verificando algún método propuesto previamente. Las instituciones educativas luchan a diario por liberarse de los altos costos de las bases de datos que permiten el acceso a artículos de revistas indexadas, a datos experimentales, libros e incluso a productos académicos de algunos eventos. Por ello, extender el uso del software libre para este sector resulta no solo necesario sino imprescindible para el progreso científico de cualquier nación.

La UAEMex cuenta con una Oficina de Conocimiento y Acceso Abierto que impulsa las políticas de acceso abierto y uso de software libre para la investigación y difusión de la ciencia. También cuenta con Redalyc (UAEMex, 2020), que es un sistema de indización de revistas de alta calidad científica y editorial latinoamericano que busca dar visibilidad y apoyar en la consolidación de las revistas de naturaleza abierta. Otras iniciativas donde participa la institución son AmeliCA (s.f.) y LAReferencia (s.f.).

AmeliCA es una infraestructura de comunicación para la publicación académica y la ciencia abierta, iniciativa sostenida de forma cooperativa y centrada en el modelo de publicación sin fines de lucro para conservar la naturaleza académica y abierta de la comunicación científica. [...] surgió como Conocimiento Abierto para América Latina y el Sur Global. (Amelica, s.f., párrs.1-2)

La Red Federada de Repositorios Institucionales de Publicaciones Científicas, o simplemente LA Referencia, es una red latinoamericana de repositorios de acceso abierto para apoyar las estrategias nacionales de Acceso Abierto en América Latina mediante una plataforma con estándares de interoperabilidad, compartiendo y dando visibilidad a la producción científica generada en las instituciones de educación superior y de investigación científica. (LAReferencia, s.f., párr.1)

Las instituciones educativas tienen la responsabilidad social de preparar a los futuros profesionistas para que contribuyan y participen en una sociedad digital libre, cada

día crecen más las plataformas de acceso abierto al conocimiento que son desarrolladas con software libre. También las instituciones educativas tienen la responsabilidad de crear una independencia creativa, de fomentar la libertad de funcionamiento de plataformas y medios de comunicación, esto se observa cada día más en productos como juegos, música, app de comunicación, desarrollo de software, etc.

Además, el costo por alumno para formar a un profesionalista es cada vez más alto para las escuelas y las familias, por lo que la alternativa del software libre no solo libera de esta carga, sino que contribuye a promover la equidad y la igualdad de oportunidades de aprendizaje entre los estudiantes. Esta característica es de especial importancia para la UAEMex, ya que los municipios donde se imparten los PE analizados están en la zona oriente del Estado de México en municipios caracterizados por desarrollo económico precario y falta de oportunidades de desarrollo profesional.

Conclusión

Desafortunadamente, en algunas ocasiones, las empresas de software privativo utilizan las instituciones educativas para llegar a los usuarios e imponer su software a toda su comunidad, se ofrecen descuentos y hasta copias gratuitas, de esa manera los alumnos aprenden a utilizarlos y depender de ellos.

Sin embargo, las licencias de software libre no expiran, lo cual significa que una vez que ha sido adoptado, las instituciones conservan su independencia del vendedor. Es decir, las licencias de software libre garantizan a los usuarios el derecho no solo de utilizarlo como desee, copiarlo y distribuirlo, sino también pueden adaptarlo a sus necesidades, esto se puede lograr porque muchos estudiantes tienen las competencias para ello. Se ratifica lo señalado por Amador (2017), que el uso de software libre en la educación permitirá a los alumnos entender su funcionamiento, modificarlo y mejorarlo; el mejor lugar para lograr este aprendizaje es la escuela.

La propuesta confirma lo expresado por Dawson et al. (2015b), que el software de acceso libre brinda la capacidad de analizar el código fuente y preparar a los estudiantes para el desarrollo de software, también, podría mejorar el entorno de ciencia, tecnología, ingeniería y matemáticas (STEM) al incorporar múltiples aplicaciones que se pueden desarrollar, analizar y usar como parte del plan de estudios. Otra ventaja es que los profesores pueden entregar a los estudiantes copias de los programas que se usan en clase para que los utilicen también en casa, esto se debe a que el software libre no solo permite copiarlo, sino que además lo incentiva.

Un aspecto importante en la propuesta es el docente, se identifica la importancia del perfil, con lo que se ratifica lo expresado por Mata-López y Tobón (2019) “es muy recomendable que el perfil del profesor se adapte a las necesidades académicas de los

alumnos.” (p. 13), a partir de identificar las competencias que debe alcanzar al finalizar el curso y contribuir a su perfil de egreso, esto es importante considerando que los programas educativos deben tener en cuenta las necesidades de los empleadores (Firsov et al., 2019).

La propuesta de adopción presentada es un primer acercamiento a las condiciones y necesidades de la UAEMex para ir capacitando a los profesores como líderes que pueden incorporar gradualmente el software libre, profundizar en el diseño instruccional a ser considerado para lograr las competencias en el futuro profesionista y así rescatar las ventajas de su uso. Además, las recomendaciones de buenas prácticas y experiencias de otras instancias permiten ir madurando un plan de adopción más detallado y fomentar la capacidad creativa, la responsabilidad social y el trabajo colegiado hacia una comunidad de desarrollo más real a lo que se enfrentará un profesionista en su ejercicio laboral.

Referencias

- Amador, J.L. (2017). Educación con software libre: ¿sí o sí? *Openexpo europe*. <https://openexpoeurope.com/es/educacion-software-libre/>
- AmeliCA. (s.f.). ¿Qué es? <http://amelica.org/index.php/que-es-ameli/#que-es>
- Armijos, O., & Delgado, L. (2018). *Revisión sistemática de literatura para la identificación de factores de éxito, fracaso y riesgo en la adopción de software libre* (Tesis de licenciatura). Universidad del Azuay, Cuenca, Ecuador.
- Dawson, M., Al Seed, I., & Leonard, B. (2015a). Open-Source Software for Learning Technologies in Higher Education. *The evollution. A destiny solutions illumination*. <https://evollution.com/opinions/open-source-software-learning-technologies-higher-education/>
- Dawson, M., Leonard, B., & Rahim, E. (2015b). Advances in Technology Project Management: Review of Open Source Software Integration. In *Open Source Technology: Concepts, Methodologies, Tools, and Applications* (pp. 1574-1585). Information Science Reference. <https://doi.org/10.4018/978-1-4666-7230-7.ch080>
- DTIC. (2020). *Propuesta de uso de software libre y alternativo para el área de cómputo*. UAEMex.
- Firsov, Y., Firsova, I., & Rabolnikova, N. (2019, May). Social partnership of employer and educational organizations as leadership innovations in training for small business. *3rd International Conference on Social, Economic, and Academic Leadership (ICSEAL)*. Atlantis Press.
- GNU Operating System. (2019). *What is free software?* <https://www.gnu.org/philosophy/free-sw.en.html>
- GNU Operating System. (2020a). *Free Software and Education*. <https://www.gnu.org/software/free-software-for-education.html>

GNU Operating System. (2020b). *Free Software for Education. How does free software relate to education?* <https://www.gnu.org/education/education.en.html>

LAReferencia. (s.f.). *¿Quiénes somos?* <http://www.lareferencia.info/es/>

Mata-López, W., & Tobón, S. (2019). Analysis of Factors Associated to the Enrollment and Demand of Computing-Related Careers. *Social Sciences*, 8(1), 1-18.

Ranking de Universidades en software libre (RuSL). (2015). *Mejores universidades Hispanoamericanas en software libre (2015)*. <https://www.portalprogramas.com/software-libre/ranking-universidades/2015/clasificacion-hispanoamerica>

Ranking de Universidades en software libre (RuSL). (2016). *Mejores universidades Hispanoamericanas en software libre (2016)*. <https://www.portalprogramas.com/software-libre/ranking-universidades/clasificacion-hispanoamerica>

Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). (2018a). *Plan de estudios de Informática Administrativa*. UAEMex.

Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). (2018b). *Plan de estudios de Ingeniería en Computación*. UAEMex.

Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). (2018c). *Plan de estudios de Ingeniería en Sistemas Inteligentes*. UAEMex.

Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). (2018d). *Catálogo de software propietario y licenciado para uso en la UAEMex*. UAEMex.

Universidad Autónoma del Estado de México (UAEMex). (2020a). *Redalyc*. <https://www.redalyc.org/>

Capítulo 8

Aprender matemáticas: una experiencia desde las bondades de lo digital

Andemí Hernández Cárdenas, Gricelda Mendivil Rosas y Leidy Hernández Mesa

Las nuevas generaciones de estudiantes han nacido en una época donde la tecnología está presente en todos los ámbitos de su vida, influyendo la forma en que utilizan su tiempo libre, se relacionan con su entorno y aprenden. Estar acostumbrados a obtener información de forma ágil e inmediata (Prensky, 2010) hace que la educación se enfrente a una diversidad de cambios y necesidades emergentes, lo cual implica repensar las formas en que se ha enseñado, promoviendo así el uso de metodologías activas que fomenten la participación, el trabajo colaborativo y el pensamiento crítico.

Si bien, el apoyo de la tecnología en la escuela favorece la diversidad en el aula, no resuelve por sí sola los problemas asociados a la reprobación y aburrimientos escolares (Cabero, 2010). Con la tecnología podemos diseñar diversos ambientes de aprendizaje, pero no por ser un ambiente fuera de lo tradicional podemos dar por hecho que cambiará la conducta del estudiante ante el aprendizaje o que brindará todos los elementos necesarios para que logren el aprender a aprender. Las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC) nos proporcionan herramientas que ayudan a encontrar innumerables formas de llegar al estudiante y de diseñarle un espacio donde pueda interactuar —síncrona o asincrónamente— con el contenido, con sus pares académicos y con el contexto, siempre que exista una estructura de planeación guiada por un docente y se tenga claro qué se busca fomentar y desarrollar en el estudiante.



Los medios tecnológicos dejan de ser neutrales dependiendo del uso; en la educación es importante organizar el proceso y entender cómo llegar al estudiante desde algo más dinámico, pero secuenciado, donde a través de instrucciones pueda avanzar y construir los conocimientos que le ayudarán a encontrar el equilibrio cognitivo, convirtiéndose así en un ambiente formativo mediado por las tecnologías. Podemos usar las TIC más avanzadas que tengamos a nuestro alcance, pero si no tomamos en cuenta cuáles son los aprendizajes esperados y qué elementos dentro de todo lo que brinda lo tecnológico ayuda a confrontarlo, entonces perderíamos la atención del estudiante y, por ende, su logro dentro de lo esperado.

Las TIC constituyen un gran avance para generar procesos educativos que se rediseñan no solo en la búsqueda de cómo la información y la comunicación mediada por la tecnología propiciaba un aprendizaje y enseñanza de calidad, sino en la valoración de la necesidad de buscar mayor interacción entre el conocimiento, dando entrada a las tecnologías de la información, comunicación y colaboración (TICC) que a través de la interacción y el aprendizaje colaborativo genera mayor enriquecimiento en los procesos formativos.

Las herramientas tecnológicas se complementan con un conjunto de acciones que se diseñan formando así un entorno virtual para el aprendizaje, ya sea desde el aprender a través de la interacción con los objetos que lo conforman hasta con los sujetos que interactúan dentro del entorno virtual. Los entornos virtuales de aprendizaje brindan al estudiante la oportunidad de interactuar con un mundo que a través de la virtualidad o la utilización de componentes electrónicos se puede sumergir en él y aprender de una forma más dinámica y con menos abstracción, pero que siempre necesitará un seguimiento docente para evaluar su proceso o un mecanismo de autoevaluación que lo ayude a identificar qué tanto aprendió.

Por otra parte, otro elemento significativo es la incorporación de lo lúdico en las estrategias de enseñanza, con la intención de impactar favorablemente en el aprendizaje de los alumnos, tal y como se hace en los primeros años de la educación con los niños. A través del juego es como se aprende a interactuar con el medio y a superar los diversos desafíos que se les presentan; bajo este principio, Steinmann et al. (2013) aluden que es importante mantener motivados a los estudiantes, pues esto facilitará su aprendizaje, ya que para “aprender es necesario la participación activa y comprometida del sujeto que aprende en la construcción de su conocimiento. A más participación, mayores probabilidades de un aprendizaje significativo” (Ferreiro, 2003, p.25).

En este trabajo se describe la aplicación de un plan de intervención educativa considerando las bondades de las herramientas tecnológicas asociadas con elementos de ludificación que, de acuerdo con Kapp (2012), es el uso de mecánicas, dinámicas y com-

ponentes del juego para atraer a los alumnos, incitar a la acción, promover el aprendizaje y resolver problemas, donde el objetivo de la mecánica del juego es motivar y comprometer a los jugadores mediante la realización de metas, para ello se pueden utilizar puntos, niveles o premios. Lo anterior con la intención de romper con lo tradicional y con el propósito de fomentar el interés y las actitudes favorables hacia las matemáticas, así como el desarrollo de competencias, buscando generar espacios donde el estudiante tenga la oportunidad de modificar su visión y perspectiva al respecto, evitando discursos asociados a su complejidad y aburrimiento dentro del aula. El desarrollo de la intervención se apoyó del diseño de una aplicación móvil para el aprendizaje de las matemáticas, considerando que a futuro sea una aportación al software libre educativo, de tal forma que permita adecuarse a las necesidades de los docentes y estudiantes con los que se va a trabajar.

Aportaciones de las tecnologías a la educación

Es innegable la influencia que tienen las tecnologías en el estilo de vida de los jóvenes, precisamente por ello, es importante empezar a contemplar las oportunidades de aprendizaje que pueden ofrecer a los estudiantes durante su proceso formativo. La Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, 2019) señala que las TIC pueden contribuir a la cobertura universal de la educación, ampliar el acceso al aprendizaje, mejorar la calidad y garantizar su integración. En particular, donde los recursos son escasos, se puede utilizar de manera prudente materiales de fuente abierta por medio de las TIC para contribuir a superar esos contratiempos que genera la tarea de producir, distribuir y actualizar los manuales escolares.

De igual forma, en el artículo tercero de la Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos, se establece que, independientemente de que todo individuo tenga derecho a recibir educación laica, obligatoria y gratuita, el Estado tiene que garantizar la calidad en la educación, de manera que “los materiales y métodos educativos, la organización escolar, la infraestructura educativa y la idoneidad de los docentes y directivos garanticen el máximo logro de aprendizaje de los educandos” (párr.3). En este sentido, la Secretaría de Educación Pública (SEP) tiene como propósito que las escuelas incorporen de manera obligatoria, como una competencia para la enseñanza, el uso de las TIC con el fundamento de que es necesario estar actualizados dentro del aula de clases para estar capacitado fuera de ella. En el caso de las matemáticas se indica que es necesario desarrollar estrategias pedagógicas centradas en la resolución de problemas de la vida diaria, enfatizando el desarrollo del pensamiento lógico, abstracto y analítico, de tal forma que permitan contrarrestar la percepción que los alumnos tienen respecto a la materia (SEP, 2016).

El Acuerdo Secretarial número 592, establece como condiciones esenciales para la implementación del currículo, la transformación de la práctica docente, el logro de aprendizajes y la mejora de la calidad educativa, todo sustentado en doce principios pedagógicos. Los estándares curriculares de las habilidades digitales presentan la visión de una población que utiliza los medios y entornos digitales para comunicar ideas, información e interactuar con otros. Por ello exhorta a que se utilicen materiales didácticos educativos para propiciar el aprendizaje, en donde además de utilizar el libro de texto, empleen otros materiales audiovisuales, multimedia, internet y televisión educativa para el aprendizaje permanente, con el objetivo de generar un entorno variado y rico de experiencias, a partir del cual los estudiantes puedan crear su propio aprendizaje (SEP, 2011).

En las escuelas se debe considerar lo que está ocurriendo dentro de su contexto social, por lo tanto, los docentes se tienen que mantener actualizados con respecto al uso de estos medios de comunicación e información. De igual forma, las instituciones deben proveer la infraestructura y poner a disposición de los docentes las herramientas y tecnologías adecuadas para poder cumplir con las necesidades de los estudiantes (Morales, 2016), por lo que es menester del profesor buscar las estrategias para integrar las TIC al proceso de aprendizaje.

Los dispositivos móviles y sus aplicaciones no son solo un entretenido pasatiempo que afecta a los adolescentes, sino un medio que permite aprovechar al máximo su potencial en el ámbito educativo, si se diseñan estrategias didácticas teniendo en cuenta que con esto se puede atender a los alumnos fuera del aula de clases, optimizando el tiempo de cada sesión. Se precisa entonces, que las TIC son una herramienta para lograr el acceso universal a la educación y mejorar la calidad, gracias a ellas también se puede ampliar el desarrollo profesional de los docentes y contribuir a la mejora de la gestión, la gobernanza y la administración de la educación, siempre que se utilicen de manera adecuada las políticas, las tecnologías y las capacidades (UNESCO, 2019).

En este sentido, las múltiples habilidades tecnológicas de los jóvenes se han convertido en un área de oportunidad para los docentes, ya que se encuentran ante una reestructuración en el diseño y aplicación de actividades didácticas digitales que tengan como finalidad lograr aprendizajes significativos en los alumnos, ante esta situación es importante incorporar las bondades de las nuevas tecnologías de información y comunicación a la enseñanza de las matemáticas en la Educación Secundaria.

Las nuevas tecnologías proponen un estudiante autónomo, responsable y autodidacta (Díaz & Hernández, 2010), capaz de aprender a aprender, lo cual implica la capacidad de reflexionar en la forma en que se aprende y actuar en consecuencia, autorregulando el propio proceso de aprendizaje mediante el uso de estrategias flexibles y apropiadas que se transfieren y adaptan a nuevas situaciones.

Una de las competencias curriculares más beneficiadas por las nuevas tecnologías es la competencia matemática. La red ofrece numerosos portales temáticos que complementan la enseñanza de esta asignatura. Su éxito radica en que el aprendizaje de las matemáticas no se fundamenta en la memorización de datos o en la comprensión de conceptos, sino que para comprender significados abstractos requiere el desarrollo previo de destrezas, habilidades y capacidades en las que la observación, el descubrimiento y la práctica son fundamentales, lo que dota a los alumnos un papel muy activo.

La creación de ambientes, donde el estudiante puede interactuar con lo matemático a través de retos que lo lleven a buscar soluciones y estrategias para poder alcanzar la meta, no solo ayuda a la motivación sino a desarrollar el pensamiento lógico matemático, así como a identificar la relación de la matemática con aspectos propios de la vida cotidiana. El mundo virtual al que el estudiante se enfrenta le ayuda a vivir un aprender con menos abstracción, que ordenadamente pueden llevarlos a una mejor comprensión de los procesos matemáticos. Por consiguiente, el éxito en la enseñanza de las matemáticas se obtiene cuando el docente es hábil para discurrir en los procesos de aprendizaje que presentan sus estudiantes, y más que cumplir con una función de transmisor de conocimientos, debe ser quien motive el proceso de pensamiento en el alumno, de tal manera que se le permita enfrentarse a situaciones nuevas y proponer soluciones.

Estudios como los de Cox et al. (2003) señalan que al alumno le queda más claro el tema que se desarrolla en el aula de acuerdo con las TIC que se utilizan; estos autores mencionan que las animaciones y simulaciones ayudan para la comprensión de conceptos, mientras que los diagramas y otras representaciones gráficas permiten a los alumnos imaginar diferentes escenarios y constatar de inmediato qué sucede en cada uno de los diferentes planteamientos que se hacen. Además, revisaron estudios que vinculan usos específicos de las TIC con destrezas específicas de matemáticas.

El uso de las TIC ha generado importantes cambios en la forma como los estudiantes de secundaria aprenden matemáticas, pues les proporciona condiciones para que identifiquen, examinen y comuniquen distintas ideas matemáticas. Puede llegar a ser una herramienta muy útil para que los alumnos creen diferentes representaciones de ciertas tareas, formulando así sus propias preguntas y problemas, por lo que constituye un importante aspecto en el aprendizaje de las matemáticas (Gamboa, 2007).

Dificultad en la matemática escolar

Las matemáticas han tenido gran influencia en la educación, su presencia en el currículum de todos los niveles educativos dan cuenta de ello, se apuesta a desarrollar la competencia matemática, considerada como la “capacidad de un individuo para identificar y entender el papel que las matemáticas tienen en el mundo, hacer juicios fundados y usar

e implicarse con las matemáticas en aquellos momentos que presenten necesidades para su vida individual como ciudadano” (Rico, 2007, p.49), la cual contribuye al desarrollo del pensamiento y razonamiento matemático, donde se desarrollan procesos como la visualización, estimación, justificación y abstracción (Cantoral et al., 2012). Uno de los principales propósitos de la presencia de las matemáticas en la vida escolar de los jóvenes es que los invita a ser curiosos e inquisitivos, a cuestionarse el mundo que los rodea (Ferrándiz et al., 2008).

No obstante, en un escenario donde las evaluaciones estandarizadas internacionales como el Programa para la evaluación internacional de alumnos (Pisa, 2015) y nacionales como el Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (Planea, 2017) muestran en sus resultados un dictamen poco favorable, donde se da por hecho un bajo desempeño en la asignatura de matemáticas, sumado a su asociación con la deserción y el abandono escolar (Secretaría de Educación de Baja California, 2010), lo cual permite asociarlas con la discriminación y exclusión en los procesos educativos. Bajo este contexto, es común escuchar a los estudiantes manifestar que esta asignatura les parece difícil, aburrida o mecánica, desarrollando una actitud negativa hacia la misma, de ahí que el aprendizaje de las matemáticas puede resultar frustrante si el alumno no encuentra motivación y razón en estudiarlas. Aquellos alumnos que no obtienen las competencias matemáticas mínimas para desenvolverse en la sociedad describen a las matemáticas como aburridas y difíciles, haciendo que se sientan inseguros al realizar problemas aritméticos sencillos, por lo que la actitud hacia las matemáticas hace que la dimensión afectiva juegue un papel importante en la enseñanza y el aprendizaje de las matemáticas (Gómez, 2000).

Lo anterior exige un profesional competente en el proceso de enseñanza-aprendizaje de las matemáticas, que se encargue de diseñar y aplicar estrategias de enseñanza que fomenten actitudes positivas hacia las matemáticas, mostrando la aplicación que tiene en las ciencias exactas y sociales, así como recuperar los procesos históricos e incorporarlos como elementos de construcción matemática en el aula.

El aprendizaje desde los dispositivos móviles

El aprendizaje es un proceso de construcción intencional y activo, donde aquellos conocimientos y habilidades obtenidos por las personas impacta en su comportamiento e interacción con el medio ambiente, donde van formando significados nuevos. El aprendizaje es un cambio formativo que afecta lo actitudinal y cognitivo (López, 2007), es el proceso cognitivo de comprender y actuar sobre su entorno (González, 2010). Ambas posturas señalan que el aprendizaje produce cambios en el desenvolvimiento de las personas, permitiéndoles intervenir de manera productiva en su entorno social.

Esta visión de aprendizaje necesita de la participación del estudiante, pues es el medio que permite mejorar el aprendizaje y promueve que sea significativo, para ello, hay que considerar que exista interactividad e interacción, la primera característica se refiere a diseñar una actividad donde se deja que el estudiante actúe y aprenda, y la segunda se encarga de las relaciones sociales entre lo que se aprende, fomenta la participación en el aula, hace que el estudiante se comprometa con la construcción de su conocimiento haciéndolo protagonista de su aprendizaje (Ferreiro, 2003).

El aprendizaje es un constructo que se nutre de otros, que tiene diferentes énfasis de acuerdo a las teorías o enfoques a los que se apegue la política educativa, el currículo, la institución y el docente, a partir de la visión de los actores educativos es la forma en la que se desarrollan las acciones para los estudiantes, en este sentido, los cambios tecnológicos que se han producido y se siguen produciendo influyen en las condiciones y diversidad de oportunidades de aprendizaje que se les dan a los jóvenes, lo cual se ha convertido en un reto para los profesores, pues desafía aquellas estrategias didácticas convencionales y tradicionales que se usan cotidianamente en el aula y que les ha permitido mantener el control sobre la clase, promoviendo una pasividad de los estudiantes y que alejan en gran medida las herramientas digitales y dispositivos móviles próximos a su realidad.

Precisamente, una de las nuevas tecnologías que ha irrumpido con fuerza en todos estos ámbitos son los dispositivos móviles, los cuales han permeado las aulas de clases con el fin de aprovechar las ventajas que ofrecen. Estos dispositivos móviles han hecho que el concepto de aula ya no se entienda solo como un espacio físico en el que un grupo de alumnos va a tomar una clase con un profesor, limitándose a un salón y un horario. Ahora gracias a la portabilidad de estos dispositivos pueden ser utilizados en cualquier lugar y momento, posibilitando el aprendizaje móvil.

El aprendizaje móvil (*m-learning*) es una nueva forma de aprender por medio de dispositivos móviles como el celular y la tableta, que se está incorporando en las instituciones, pues estos proporcionan un acceso rápido a un gran número de información, teniendo como sus principales características la portabilidad, el uso intuitivo y la conectividad. De acuerdo con Necuzzi (2013), el m-learning brinda flexibilidad al estudiante que está en la construcción de su conocimiento y despierta el sentido de responsabilidad apoyando a las prácticas de enseñanza y aprendizaje. Esta modalidad ofrece a estudiantes y profesores la oportunidad de utilizar aplicaciones, herramientas y software disponible para el desarrollo de aprendizajes, los cuales pueden ser manipulados de acuerdo con los objetivos y propósitos de los programas educativos.

Si bien, los dispositivos móviles juegan un papel importante dentro de la vida de los estudiantes, pues les permiten estar en comunicación, para algunos profesores su uso

dentro del aula representa un causal de distracción. No obstante, otros más tienen la postura de buscar diversas formas de incluir los celulares o tabletas como material de apoyo para el aprendizaje, reconociendo que estos pueden proporcionar múltiples beneficios en el proceso de aprendizaje de sus estudiantes. Utilizar la tecnología como un medio de aprendizaje y enseñanza implica diseñar un ambiente de aprendizaje cuidando que cada elemento del dispositivo móvil que interactúe con el estudiante tenga una finalidad dentro de cada proceso de la clase, lo cual no solo ayudará a que se evite la distracción, sino dará un sentido de inmersión en lo que se propone como herramienta de aprendizaje, logrando con ello el aprender y dejando en el estudiante un deseo por investigar más allá de lo que trabajó en clase.

La ludificación en los procesos de enseñanza

El avance de las tecnologías de la información, comunicación y colaboración es de impacto y relevancia para la educación, ofrecen una oportunidad para innovar en clases, pues los profesores tienen a su alcance diferentes herramientas que les apoya a implementar nuevas metodologías de enseñanza; en particular, la noción de ludificación, considerada como un método que incorpora las técnicas del juego a los procesos de enseñanza, se refiere a un proceso donde se utilizan las mecánicas y técnicas del juego para motivar a que se logre el objetivo propuesto (Rodríguez & Santiago, 2015); su propósito es promover la diversión y mejorar la experiencia de los aprendizajes (Ramírez, 2014).

La ludificación es considerada como una estrategia que utiliza diversos mecanismos para hacer atractiva una actividad, promoviendo la acción, la resolución de problemas y el desarrollo de aprendizajes (Kapp, 2012). Por lo tanto, puede ser un factor que apoye el impulso de la motivación de quien interactúa con ella; motivar es promover el entusiasmo de las personas para contribuir por medio de sus capacidades a los objetivos propuestos (Deterding, 2011). De acuerdo con Sánchez i Peris (2015), la ludificación puede ser concebida como técnica y estrategia paralelamente, partiendo de la idea de involucrar múltiples ambientes que resultan atractivos en las dinámicas y que repercuten favorablemente en la vinculación de los estudiantes con el medio de aprendizaje, con el cual se puede crear una experiencia motivadora para el participante. Provocando así, comportamientos específicos en el estudiante dentro de un ambiente creativo y atractivo, que genere un compromiso con la actividad en la que participa y que apoye a experiencias positivas de aprendizaje; utilizar la ludificación no se trata de utilizar juegos en sí mismos, sino de crear situaciones de experimentación práctica para desarrollar las dimensiones emocional y social, promoviendo instancias de aprendizaje activo, generando retroalimentación, planificando la clase en función del contenido, diseñando un sistema de recompensas, reglas y tiempo a utilizar.

La motivación es un eje central en la ludificación, es uno de los principales resultados esperados, para ello, se requiere desarrollar estrategias que fomenten el deseo de aprender y descubrir algo nuevo. El juego puede propiciarla, pues este se realiza por placer, creando oportunidades para el aprendizaje (Valderrama, 2015). Mismo que si es combinado por una motivación extrínseca, la cual es provocada por estímulos externos como premios, o recompensas que ganará por realizar la actividad, produce un estímulo más convincente para los jóvenes escolares. El impacto de un alumno motivado se ve reflejado en su desempeño y en su compromiso de alcanzar el éxito académico, por ello, tanto profesores como instituciones educativas deben tener conciencia de aquellas estrategias que promuevan la motivación, pues esta puede ser determinante para fomentar en los estudiantes entusiasmo y compromiso con su proceso de aprendizaje.

Debido a que cada vez es más complejo que las instituciones educativas identifiquen métodos, herramientas o técnicas para mantener interesados a su alumnado, la ludificación pudiese ser una oportunidad para disminuir la pasividad y la dispersión de la atención, aprovechando la estimulación que brindan los juegos para llevarla a cabo en situaciones de la vida cotidiana (Lee & Hammer, 2011), dando así un giro a aquellas actividades que a los alumnos pudieran parecer aburridas. De acuerdo con Rodríguez y Santiago (2015), la ludificación consolida la fortaleza moral con cada victoria y aprendizaje nuevo, haciendo que aquellas tareas que en un principio intimidaban ya no lo hagan más, volviéndose más divertidas y amenas.

Elementos de la ludificación

De acuerdo con Kapp (2012), la ludificación se estructura sobre las mecánicas, las dinámicas y los componentes del juego. Se describen a continuación.

1. *Mecánica*. Su objetivo es motivar y comprometer a los jugadores mediante la realización de las metas, algunas de las herramientas que se utilizan para ello son:
 - Puntos: puede ser utilizada para recompensar a los jugadores por sus logros, indicadores de estatus.
 - Niveles: permiten subir de nivel de acuerdo con la participación.
 - Premios: son visibles por el resto de los jugadores con el fin de obtener reconocimiento (trofeos, medallas).
 - Regalos: ofrecer bienes gratuitos es un fuerte componente motivador.

2. *Dinámicas*. Son aquellas necesidades de los jugadores que los motivan, estas pueden ser tan diversas como las necesidades que tiene el ser humano:
 - Recompensa: conseguir un beneficio a cambio de una acción.
 - Estatus: adquisición de prestigio y reconocimiento.
 - Logro: realizar de manera satisfactoria las misiones.

3. *Componentes*. Son las recompensas por la ejecución de las dinámicas y mecánicas del juego:

- Avatares: representación visual del usuario.
- Colecciones: elementos para acumular.
- Tablas de clasificación: muestra visual de la progresión y logros de los jugadores.
- Niveles: pasos definidos para la progresión del usuario.
- Contenido bloqueado.

Por lo tanto, si los estudiantes disfrutan las clases y se divierten aumentarán las ganas de esforzarse, pues el juego reúne todas las características para ser un elemento motivador benéfico para la enseñanza. Entonces, resulta oportuno utilizar recursos novedosos, considerando la ludificación como elemento que ayuda a aumentar el interés de los estudiantes, así como su participación dentro de la clase de matemáticas; al utilizar esta estrategia se favorece las acciones o comportamientos requeridos para promover métodos efectivos para estudiar y aprender (Pradas, 2017).

Algunas de las ventajas que ofrece son que proporciona información al docente del curso, promueve instancias de aprendizaje activo, ofrece retroalimentación oportuna a los estudiantes y motiva a los estudiantes a participar en la clase (Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, 2017); además en el campo de la evaluación, aporta importantes beneficios, a nivel psicológico y en los resultados alcanzados (Mateo, 2016).

La ludificación posee un alto potencial para moldear el comportamiento de los usuarios, por lo que podría asociarse con características del conductismo, sin embargo, esta estrategia va más allá y busca que pueda ser adaptada por el docente como herramienta de apoyo para el aprendizaje, para involucrar al estudiante y brindarle recursos que le permitan vivir una realidad en la cual tendrá que ser capaz de resolver diversas situaciones y plantear soluciones que le ayudarán a crear nuevas experiencias de aprendizaje de manera diferente y divertida. Por lo tanto, es importante que el profesor diseñe actividades interesantes, retadoras, que fomenten el trabajo colaborativo donde además ofrezca una retroalimentación continua, que le permita al estudiante revisar su avance y le anime a seguir aprendiendo.

La ludificación desde la experiencia en la Educación Secundaria

La experiencia que compartiremos se desarrolló a partir de la aplicación de una intervención educativa en una Escuela Secundaria Pública, el grupo de estudio corresponde a estudiantes de tercer año conformado por 37 alumnos de los cuales son 25 mujeres y 12 hombres de entre 14 y 15 años, con acceso a la tecnología móvil y a conocimientos de diversas aplicaciones y navegación a internet. El maestro encargado del grupo tiene

un área de especialización en la educación, lleva 15 años trabajando en la institución y 12 años ejerciendo la materia de matemáticas en esta escuela, conoce y maneja algunas herramientas tecnológicas, sin embargo, desconoce cómo incluir dentro de su materia aquellas que cuenten con ludificación.

La intervención se diseñó a partir de los resultados de un diagnóstico que consistió en la identificación de las actitudes hacia el estudio de las matemáticas con una escala tipo Likert de cinco opciones, y de su acercamiento con las TIC, así como el análisis del trabajo docente a través de una entrevista al profesor. Los resultados se muestran en la tabla 1.

Tabla 1

Descripción de los resultados de los alumnos

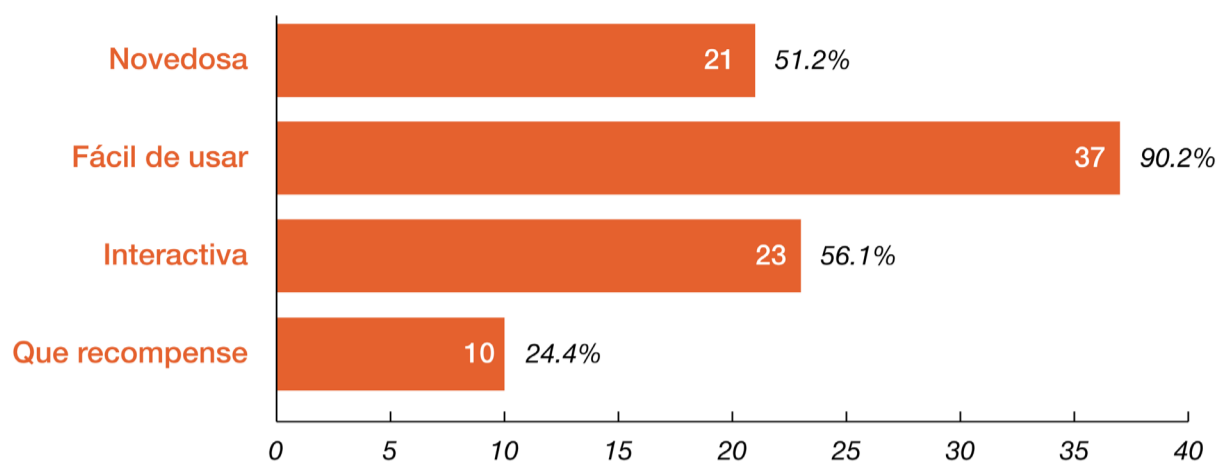
Elemento evaluado	Media
La clase de las matemáticas es una de mis preferidas.	3.37
Me siento incómodo o nervioso al participar en la clase de matemáticas.	3.15
Considero que aprendo las matemáticas fácilmente.	3.34
Quiero desarrollar mi habilidad matemática.	4.46
Las matemáticas serán importantes para mi futuro.	4.43
Me gustan las matemáticas.	3.73
La clase de matemáticas es divertida.	3.36
Normalmente, participo en la clase de matemáticas.	2.24
Estoy dispuesto a dedicar más tiempo fuera de clases para mejorar mi desempeño en matemáticas.	3.26
Me gusta que reconozcan mis habilidades en la clase de matemáticas.	3.73
Actitud general de los alumnos hacia las matemáticas.	3.24

Nota: Elaboración propia.

De acuerdo con los resultados de la tabla 1, se puede apreciar que los estudiantes tienen poca participación en clase, sin embargo, señalan que quieren desarrollar su habilidad matemática, porque las consideran importantes para su futuro. En este sentido, partiendo de la idea de la poca participación en clase, se les preguntó las características que les gustaría que tuviera una aplicación móvil, y en sus respuestas prevalecían que fuera fácil de usar, interactiva y novedosa (figura 1).

Figura 1

Características que les gustaría a los alumnos que tuviera una aplicación móvil



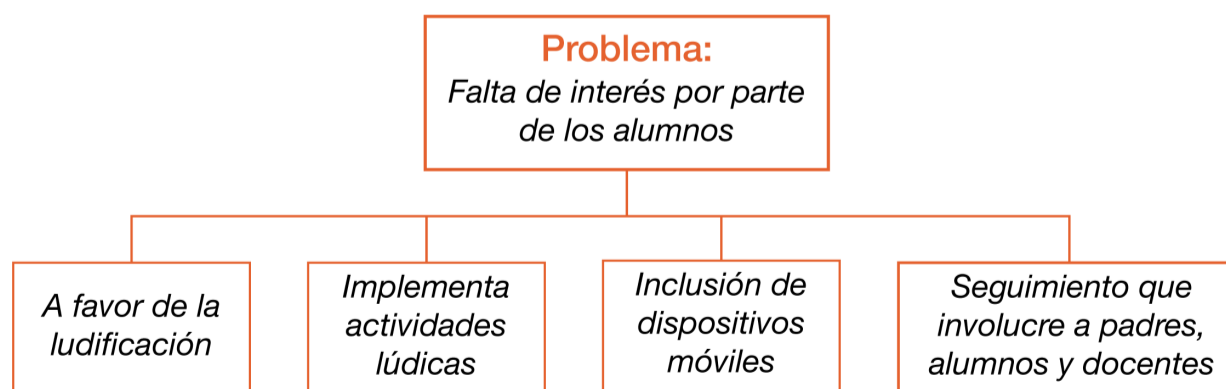
Nota: Elaboración propia.

Además, mostraron una notable aceptación respecto a que la aplicación les otorgara algún premio por resolver problemas matemáticos.

En cuanto a la entrevista realizada al profesor, este señaló que tiene conocimientos sobre la ludificación, y trata de implementar actividades lúdicas habitualmente durante su clase como, por ejemplo sorteos, experimentos, demostraciones, ruleta, entre otras; ya que considera que estas mejoran la participación de los estudiantes; no obstante, el principal impedimento detectado por el maestro, que evita lograr un aprendizaje significativo durante la clase de matemáticas, es la falta de interés mostrada por los alumnos. De igual forma, manifestó tener conocimiento sobre aplicaciones y software didáctico relacionado con las matemáticas, mencionando que ha hecho uso de ellos, pero solo en su computadora; por lo que su postura hacia la inclusión de los dispositivos móviles dentro de la asignatura de matemáticas es favorable.

Figura 2

Resultados obtenidos en la entrevista a docente



Nota: Elaboración propia.

Bajo este contexto, una de las primeras tareas propuestas consistió en la revisión de aplicaciones móviles ludificadas que fueran software libre dirigidas al área de matemáticas, desafortunadamente existen muy pocos. Si bien, hay gran variedad de software gratuito como como Genially, Quizizz y Kahoot que cuentan con algunos elementos de la ludificación, se encuentran limitaciones referidas al contenido y recursos restringidos en su versión gratuita, información predefinida sin opción de expandir o actualizar su contenido, interacción mínima y contenidos fuera del plan de estudios de la población con la que se trabaja.

Con base en lo anterior, se decidió desarrollar un prototipo de aplicación móvil que cumple con las características de software libre y con todos los componentes de la ludificación, con la finalidad de que se pueda utilizar en los diversos tópicos de la materia de matemáticas. Esta aplicación fue nombrada “PlayMath”, y el objetivo es que sea utilizada como recurso para apoyar el aprendizaje de las matemáticas por medio de actividades ludificadas; el contenido es creado por el docente que la utiliza para que se adecue a sus necesidades específicas con respecto a las temáticas que desea abordar a través de la ludificación. De acuerdo con Montero (2006), las necesidades son expresadas por la misma comunidad en común acuerdo; en este caso, son los mismos alumnos los que deben de expresar cuáles son los temas que consideran que deben reforzarse utilizando la aplicación con la ayuda del profesor encargado de la materia que, basado en sus evaluaciones y observaciones, podrá crear los ejercicios que ayuden a los alumnos a fortalecer sus conocimientos. De esta manera, se apoya a la institución a través de un cambio sustancial en el proceso de enseñanza y aprendizaje, utilizando la ludificación en las actividades académicas, que permitan incrementar las destrezas, aprendizaje autónomo y desenvolvimiento de los estudiantes, con lo cual se logra un aprendizaje activo, interactivo y dinámico.

La aplicación cuenta con creación de perfiles y cuatro secciones: *actividades*, *colección*, *perfil* y *tabla de posiciones*. El perfil se crea al entrar por primera vez y se selecciona un grupo, lo que permite delimitar el contenido a mostrar a cada usuario. La sección *actividades* cuenta con una lista donde cada elemento se compone de una breve descripción, una imagen que representa el formato de la actividad y la recompensa a obtener. Esta lista se genera desde un servidor mediante la lectura de un archivo, el cual es creado y actualizado por el administrador de la aplicación.

Cuando el usuario selecciona la actividad que desea resolver, se muestra el contenido y el usuario debe interactuar controlando un personaje para completarla; al finalizar el usuario vuelve a la lista inicial y la actividad realizada se actualiza con una imagen y la recompensa obtenida en función del desempeño del usuario.

La sección *colección* muestra todos los elementos que pueden ser obtenidos mediante el consumo de las recompensas obtenidas. El objetivo de estos elementos, además del factor motivación, es personalizar la experiencia de usuario. La colección consta de avatares para el perfil del usuario, pegatinas para usar en la sección de tabla de posiciones y personajes, los cuales son utilizados durante las actividades.

La sección *perfil* permite al usuario seleccionar y configurar los diferentes elementos de su colección. Finalmente, la sección *tabla de posiciones* muestra una lista de elementos en orden descendente, que constan del nombre de usuario, su pegatina y su puntuación respecto a las actividades realizadas. Las figuras 3, 4, 5 y 6 muestran imágenes de la aplicación.

Figura 3

Ejemplo de actividad de opción múltiple

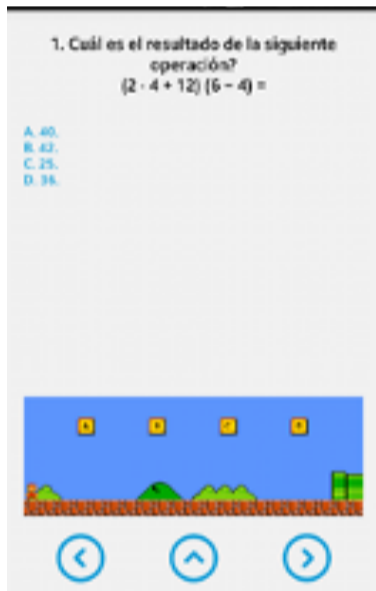


Figura 5

Pantalla de inicio

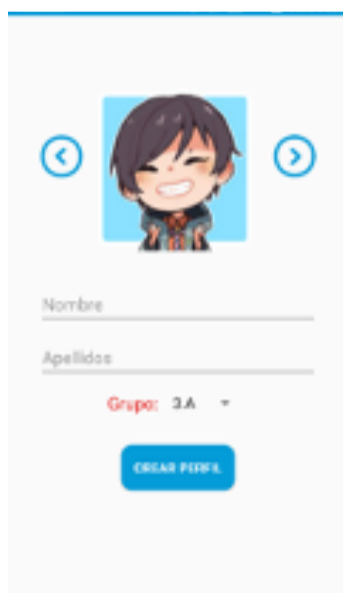


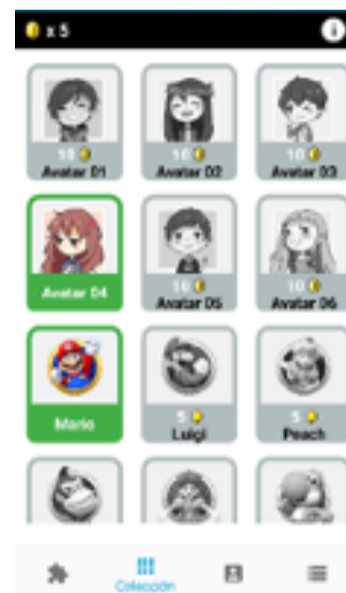
Figura 4

Lista de actividades



Figura 6

Pantalla de colección



Nota: Elaboración propia.

Por otra parte, es importante mencionar que, después de llevar a cabo las sesiones con el uso de la aplicación móvil a los alumnos, se les proporcionó una serie de ejercicios con los temas vistos dentro de esta dinámica y el 80% obtuvo una mejor evaluación con respecto al bimestre anterior, pues su participación aumentó considerablemente, lo cual pudo ser constatado a través de la observación participante del investigador con respecto a las primeras sesiones de la intervención y en el instrumento que se aplicó a los alumnos para conocer su sentir con respecto a la utilización de este tipo de tecnologías dentro de la clase de matemáticas, al respecto el 59% de ellos comentó que se sintió más motivado al participar en la clase de matemáticas con el uso de la aplicación móvil y el 83% comentó que le gustaría seguir trabajando con este tipo de dinámicas. Por lo que el impacto fue positivo para los estudiantes, quienes encontraron en esta propuesta una forma diferente de ver y aprender matemáticas.

Conclusiones

Las nuevas tecnologías pueden permitir una especie de proceso de simulación, que facilite en menos tiempo el estudio de diferentes situaciones y la experimentación. Para que las TIC incidan de manera favorable en el aprendizaje, su aplicación debe promover la interacción de los alumnos entre sí y con el profesor durante la realización de las actividades didácticas.

Debe evitarse el uso de la tecnología sin aportar un uso significativo para el aprendizaje; se debe promover modelos de utilización de las TIC que permitan nuevas formas de apropiación del conocimiento, en las que los alumnos sean agentes activos de su propio aprendizaje, donde a través de la interacción con la virtualidad y con los beneficios que ofrece la ludificación pongan de manifiesto sus concepciones y reflexionen sobre lo que aprenden.

Las TIC han cambiado el modo de vida de los jóvenes en los últimos años, un gran número de dispositivos digitales se utilizan a diario para facilitar los procesos de la vida cotidiana. Es así como la tecnología se ha usado también en el campo educativo, con la intención de propiciar un aprendizaje significativo, aprovechando las habilidades y competencias que los estudiantes han desarrollado al estar inmersos en un mundo digital.

Por lo tanto, resulta oportuno utilizar alternativas para planificar recursos novedosos dirigidos a estudiantes del presente siglo, que vienen cargados de tecnología y revelan la necesidad de maximizar las fuentes de contribución al desarrollo individual, entre los que se destacan los elementos de ludificación. El uso de una aplicación móvil con ludificación influye favorablemente en el aprendizaje de las matemáticas en los alumnos, su implementación es una excelente herramienta para ayudar a crear para el estudiante una nueva experiencia, ayudándolo a que perciba de manera diferente aquellas materias que antes

consideraba como aburridas o tediosas. Emplear mecanismos eficaces como la retroalimentación continua permite a los estudiantes percibir la evaluación como una experiencia más positiva y motivadora, minimizando el estrés generado ante los exámenes.

La principal función de la educación es la de brindar acceso al conocimiento, el software libre brinda libertades para poder ejercer esa apropiación del conocimiento y ofrece la opción para elegir el programa que mejor se adapte a las necesidades, facilita que los alumnos trabajen en casa con las mismas herramientas que utilizan en la escuela, permite que los programadores locales puedan adaptarlo a las necesidades específicas de un contexto o institución determinada, reduce el costo de licencias y fomenta el interés, la investigación y el aprendizaje de nuevos conceptos en el área de programación.

Uno de los hallazgos fue que los alumnos no consideraban a los dispositivos móviles como una herramienta didáctica que les ayudara a mejorar su aprendizaje, pues para ellos solo era un medio de comunicación, y su uso se limitaba a conectarse a diversas redes sociales y jugar, ahora cuenta con una opción más que les permite mejorar su rendimiento académico. Es decir, el uso de una aplicación móvil con ludificación influye favorablemente en el aprendizaje de las matemáticas y su implementación es una excelente herramienta para ayudar a crear al estudiante una nueva experiencia, ayudándolo a que perciba de manera diferente aquellas materias que pudiera considerar como complicadas y difíciles.

Finalmente, se invita a la comunidad docente a incorporar y evitar limitar el uso de las TIC, que reconozcan y retomen sus bondades para desarrollar aprendizajes significativos; el primer cambio, que se observará ante esta disposición, será la manifestación de motivación e interés en los alumnos por aprender, utilizando las TIC para transformar la práctica docente, a través de nuevas estrategias didácticas innovadoras y funcionales que centren su atención en el desarrollo de competencias digitales y matemáticas.

Referencias

- Cabero, J. (2010). Los retos de la integración de las TICs en los procesos educativos. Límites y posibilidades. *Perspectiva Educacional, Formación de Profesores*, 49(1), 32-61. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=3333/333327288002>
- Cantoral, R., Farfán, R., Cordero, F., Alanís, J., Rodríguez, R., & Garza, A. (2012). *Desarrollo del pensamiento matemático*. Trillas.
- Constitución Política de los Estados Unidos Mexicanos (1917). *Artículo 3º*. (México). http://www.dof.gob.mx/constitucion/marzo_2014_constitucion.pdf
- Cox, M., Abbott, C., Webb, M., Blakeley, B., Beauchamp, T., & Rhodes, V. (2003). *ICT and attainment: a review of the research literature*. DfES Publications.
- Deterding, S. (2011). *Gamification: Toward a definition*. <http://gamification-research.org/wp-content/uploads/2011/04/02-Deterding-Khaled-Nacke-Dixon.pdf>

- Díaz, F., & Hernández, G., (2010). *Estrategias docentes para un aprendizaje significativo: una interpretación constructivista*. McGraw-Hill.
- Ferrándiz, C., Bermejo, R., Sainz, M., Ferrando, M., & Prieto, M. (2008). Estudio del razonamiento lógico-matemático desde el modelo de las inteligencias múltiples. *Anales de psicología*, 24(2), 213-222. http://www.um.es/analesps/v24/v24_2/05-24_2.pdf
- Ferreiro, R. (2003). *Estrategias didácticas del aprendizaje cooperativo. Una nueva forma de aprender y enseñar: el constructivismo*. Trillas.
- Gamboa, R. (2007). Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. *Cuadernos de Investigación y Formación en Educación Matemática*, 2(3), 11-44.
- Gómez, I. (2000). *Matemática emocional. Los afectos en el aprendizaje matemático*. Narcea.
- González, M. (2010). El alumno ante la escuela y su propio aprendizaje: algunas líneas de investigación en torno al concepto de implicación. *REICE. Revista Iberoamericana sobre Calidad, Eficacia y Cambio en Educación*, 8(4), 10-31. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=551/55115064002>
- Kapp, K. (2012). *The Gamification of Learning and Instruction: Game-Based Methods and Strategies for Training and Education*. Wiley.
- Lee, J., & Hammer, J. (2011). Gamification in education: What, how, why bother? *Academic Exchange Quarterly*, 15(2), 1-5. https://www.academia.edu/570970/Gamification_in_Education_What_How_Why_Bother
- López, M. (2007). *Evaluación de los procesos de enseñanza-aprendizaje en universidad y su adaptación al espacio europeo de educación superior*. Universidad de Granada.
- Mateo, R. (2016). *Aplicación de la metodología de la ludificación a través de las TIC en 3º ESO* (Trabajo de máster). Universidad Internacional de la Rioja. <http://reunir.unir.net/bitstream/handle/123456789/4639/RODRIGO%20MATEO%2C%20CESAR.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montero, M. (2006). *Hacer para transformar. El método en la psicología comunitaria*. Paidós. <http://www.catedralibremartinbaro.org/pdfs/libro-montero-introduccion-a-la-psicologia-comunitaria.pdf>
- Morales, M. (2016). Las TIC's como parte de la reforma educativa en México. *Hechos y Derechos*, 1(36). <https://revistas.juridicas.unam.mx/index.php/hechos-yderechos/article/view/10729/12880>
- Necuzzi, C. (2013). *Estado del arte sobre el desarrollo cognitivo involucrado en los procesos de aprendizaje y enseñanza con Integración de las TIC*. UNICEF. https://campuseducativo.santafe.edu.ar/wp-content/uploads/adjuntos/recursos/20160719202258Estado_arte_desarrollo_cognitivo.pdf

- Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO). (2019). *Las TIC en la educación*. <https://es.unesco.org/themes/tic-educacion>
- Plan Nacional para la Evaluación de los Aprendizajes (Planea). (2017). *Planea Resultados nacionales 2017. Educación Media Superior*. <http://planea.sep.gob.mx/content/general/docs/2017/ResultadosNacionalesPlaneaMS2017.pdf>
- Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (2017). *La gamificación en el proceso de enseñanza y aprendizaje*. http://vra.ucv.cl/ddcyf/wp-content/uploads/2017/03/gamificacion_continua.pdf
- Pradas, S. (2017). *Neurotecnología educativa. La tecnología al servicio del alumno y del profesor*. Ministerio de Educación, Cultura y Deporte. https://sede.educacion.gob.es/publiventa/descarga.action?f_codigo_agc=18179
- Prensky, M. (2010). Nativos e Inmigrantes Digitales. *Cuadernos SEK 2.0*. [https://www.marcprensky.com/writing/PrenskyNATIVOS%20E%20INMIGRANTES%20DIGITALES%20\(SEK\).pdf](https://www.marcprensky.com/writing/PrenskyNATIVOS%20E%20INMIGRANTES%20DIGITALES%20(SEK).pdf)
- Programa para la evaluación internacional de alumnos (PISA). (2015). *México Resultados 2015 PISA*. <https://www.oecd.org/pisa/PISA-2015-Mexico-ESP.pdf>
- Ramírez, J. (2014). *Gamificación. Mecánicas de juegos en tu vida personal y profesional*. SCLibro.
- Rico, L. (2007). La competencia matemática en PISA. *PNA*, 1(2), 47-66.
- Rodríguez, F., & Santiago, R. (2015). *Gamificación: Cómo motivar a tu alumnado y mejorar el clima en el aula*. Grupo Océano.
- Sánchez i Peris, F.J. (2015). Gamificación. *Education In The Knowledge Society (EKS)*, 16(2), 13-15. <https://www.redalyc.org/pdf/5355/535554758002.pdf>
- Secretaría de Educación de Baja California (2010). *Deserción Escolar en el Nivel Medio Superior*. <http://www.educacionbc.edu.mx/departamentos/investigacion/publicaciones/desercion/index.php>
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2016). *El modelo educativo 2016: El planteamiento pedagógico de la Reforma Educativa*. SEP.
- Secretaría de Educación Pública (SEP). (2011). *Plan de estudios 2011: Educación Básica*. SEP.
- Steinmann, A., Bosch, B., & Aiassa, D. (2013). Motivación y expectativas de los estudiantes por aprender ciencias en la universidad: un estudio exploratorio. *Revista mexicana de investigación educativa*, 18(57), 585-598. http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S140566662013000200012&lng=es&tlng=es
- Valderrama, B. (2015). Los secretos de la ludificación: 10 motivos para jugar. *Capital Humano*, (295), 72-78. https://www.researchgate.net/publication/282869861_Los_secretos_de_la_gamificacion



Qartuppi, S. de R.L. de C.V. está inscrita de forma definitiva en el Registro Nacional de Instituciones y Empresas Científicas y Tecnológicas (RENIECYT) con el número 1600052.

Qartuppi, S. de R.L. de C.V. es miembro activo de la Cámara Nacional de la Industria Editorial Mexicana (CANIEM) con número de registro 3751.

Esta obra se terminó de producir en enero de 2021.
Su edición y diseño estuvieron a cargo de:

Qartuppi[®]

Qartuppi, S. de R.L. de C.V.
<http://www.qartuppi.com>



Esta obra se edita bajo una Licencia Creative Commons
Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional.





Este libro aborda preocupaciones y propuestas en torno al software libre como un mecanismo aplicable en torno a la educación, para el desarrollo de competencias y operación de programas educativos de determinadas profesiones.

Los capítulos que conforman **Software libre educativo en una cultura digital**, son desarrollados con enfoques diversos, aplicados en una variedad de casos de estudio, ofreciendo al lector un amplio panorama del impacto de las tecnologías digitales en el ámbito educativo.

ISBN 978-607-8694-037

Qartuppi®

