

Diseño de un programa con gamificación para la didáctica lúdica on line del cálculo diferencial.

Marco Vinicio Félix L. ^[1] José Emanuel Sosa-Becerra ^[2], Alonso Rafael Peña Lara ^[3], Luis Antonio Pereda^[4].

[1,2,3]Tecnológico Nacional de México, Instituto Tecnológico de Jalisco José Mario Molina Pasquel y Henríquez, Unidad Académica Mascota.

[4] Tecnológico Nacional de México, Instituto tecnológico de la Sierra Negra de Ajalpan.

[1] Autor de correspondencia: marco.felix@mascota.tecmm.edu.mx

RESUMEN

Se diseña un recurso digital lúdico (con gamística) para la didáctica del cálculo diferencial. Dicho recurso digital es un programa alineado con una secuencia didáctica basada en las competencias académicas propias del cálculo diferencial a nivel superior. Este programa compuesto por una serie de juegos constituirá una herramienta de aprendizaje electrónico que será ejecutada por estudiantes de ingenierías a distancia y en línea. El recurso digital será alojado y ejecutado dentro de un *Sistema de Gestión de Aprendizaje (SGA)*, el cual permitirá la interacción entre el ambiente digital diseñado y el estudiante en cualquier momento y lugar. La meta pedagógica es mejorar el nivel de desempeño en dicha asignatura a través de la participación entusiasta de los estudiantes de ingenierías con la aplicación de este recurso digital. Esta meta implica el desarrollo de experimentos de implementación en los cursos de cálculo diferencial impartidos en nuestra casa de estudios. Como una primera etapa se proyecta el diseño de una secuencia didáctica pertinente. Después de dicho diseño se realizarán pruebas (testing) del funcionamiento del programa ya alojado en el SGA disponible. Se elabora la hipótesis que el nivel de desempeño promedio estudiantil aumentará a través del uso de dicho programa lúdico, así como el entusiasmo estudiantil ante una materia que no suele ser la más popular en los ámbitos escolares. El recurso digital lúdico cual será susceptible de un proceso de registro ante el Instituto Nacional de Derechos de Autor.

Palabras clave: Gamística del cálculo, matemáticas lúdicas, educación on line, Sistema de Gestión del Aprendizaje.

INTRODUCCIÓN

La adquisición de competencias matemáticas ha representado siempre un reto importante de aprendizaje en todos los niveles educativos. Sin embargo, es la disciplina más utilizada en los diversos campos del saber humano. Tal como lo señalan Vergel, Duarte y Martínez (2015) [1], las matemáticas son consideradas la base de los procesos complejos del conocimiento, donde se desarrollan la capacidad para razonar, formular y solucionar problemas, por lo que es muy importante en los primeros años de la formación intelectual de cada persona para desarrollar ulteriores competencias profesionales [2].

Los docentes deben buscar estrategias para hacer sus clases matemáticas más atractivas en frente de un estudiantado difícil, apático y digitalizado; por ello las herramientas tecnológicas pueden coadyuvar para el desarrollo de la construcción de las competencias matemáticas requeridas. Para Cotic (2014) [3], lograr que las TICs sean integradas en los procesos educativos oficiales, va a depender mucho del interés y de la capacidad de las instituciones para generar ambientes de aprendizaje flexibles e innovadores que permitan el logro de competencias matemáticas pertinentes, para estimular el aprendizaje continuo y el trabajo colaborativo de los alumnos.

La gamificación en el ámbito de la educación matemática representa una importante alternativa estratégica para el logro de objetivos y metas didácticas en la educación superior ingenieril. Este aspecto lúdico se apoya sobre una metodología de diseño de actividades de aprendizaje, que incluye experiencias y elementos de juego, buscando el disfrute y las emociones positivas por parte de los estudiantes. Existen numerosos autores que evidencian con investigaciones científicas que la gamificación, pese al escaso tiempo que se lleva aplicando (a partir de 2008) no es solo una tendencia educativa, sino que se ha demostrado que es eficaz y pertinente.

El propósito de la gamificación es, según Torres-Toukoumidis (2016, p. 184) [4], “adaptar a las personas y a su contexto particular los componentes comunes de los juegos con la finalidad de motivar la realización de actividades y no que las personas adapten sus demandas particulares a la visión general de un juego”.

Desde inicios de este siglo, la educación virtual y a distancia se han ubicado como una modalidad alternativa de relevancia social debido, entre otros aspectos, a las nuevas exigencias sociales de una generación apegada a los dispositivos electrónicos (como la *generación millennial* y la *generación z*) y la constante innovación en tecnologías de la información y comunicación [5].

MARCO TEÓRICO

En el proceso de diseño de una aplicación digital lúdica se toman decisiones en relación con las características que va a tener el producto a ofrecer. En este caso, el producto a ofrecer es un recurso electrónico con fines didácticos. Por ello, es indispensable el “testing” o testeo del programa elaborado. Se van resolviendo problemas técnicos teniendo en cuenta las características de los potenciales usuarios y los objetivos que guían el proceso educativo [6].

Una pregunta de investigación es indagar cómo un enfoque de diseño influye sobre las formas en que se llevan los planes de formación profesional y las estrategias individuales de logro de competencias en ámbitos de formación ingenieril [7]. He aquí que un adecuado diseño puede conducir a un recurso que garantice la formación profesional pertinente.

La utilización de recursos tecnológicos ha generado cambios sustanciales en la forma como los estudiantes aprenden matemáticas. Cada uno de los ambientes virtuales que se pueden generar para el estudiante proporcionan condiciones para que identifiquen, examinen y comuniquen distintas ideas matemáticas [8].

El uso de la didáctica lúdica puede llegar a ser una poderosa herramienta para que los estudiantes logren crear diferentes representaciones de ciertas tareas y sirve como un medio para que formulen sus propias preguntas o problemas, lo que constituye un importante aspecto en el aprendizaje de las matemáticas (Barrera & Santos, 2001) [9].

Didáctica del cálculo diferencial

La pedagogía del cálculo diferencial es una disciplina que estudia la relación entre el saber, la enseñanza y el aprendizaje de las competencias matemáticas. Consiste en estudiar cómo se aprende y se enseña una asignatura como el cálculo. Asimismo, ayuda a comprender la situación tanto de docentes como de alumnado. Por otro lado, es quien nos brinda la oportunidad de conocer cómo ocurre el pensamiento lógico-matemático [2].

Los estudios didácticos se han desarrollado siguiendo diferentes perspectivas teóricas las cuales dan una importancia diversa a cada una de las tres dimensiones que resultan esenciales: la epistemológica, la cognitiva y la didáctica. Los intentos por la innovación también resultan problemáticos. En este sentido Artigue (1995), señala la peligrosidad de caer en un análisis cognitivo y didáctico. El hecho de que tales herramientas se constituyan como un buen catalizador para forzar la evolución de las prácticas pedagógicas de los profesores y para comprometerlas en un enfoque más constructivista del aprendizaje. Para Harel y Trgalová (1996), revisando el panorama actual de las investigaciones didácticas en el área de cálculo, es posible entresacar tres ejemplos de tres nuevos enfoques en la enseñanza del cálculo que pueden ser representativos de los movimientos actuales de cambio en diferentes países del mundo.

Resulta interesante en extremo dar un vistazo a diversos proyectos universitarios en torno a investigaciones sobre la enseñanza de las matemáticas, como un ejemplo ya maduro, pero aún interesante se puede considerar al “Proyecto de Cálculo en Contexto” (1987) y en el que participa la Universidad de Massachusetts. La idea principal es que el cálculo es un lenguaje (el lenguaje de la ciencia), una red de conceptos y un conjunto de técnicas útiles. El objetivo principal de este último proyecto es que los estudiantes construyan las matemáticas a través de sus aplicaciones y comprendan las relaciones entre todos los elementos que configuran el cálculo. La instrucción se organiza de forma que los principios generales emergen de los problemas y de las situaciones reales tratadas. Los estudiantes trabajan en pequeños grupos y los problemas se tratan inicialmente con métodos numéricos, con ayuda

del ordenador, antes de desarrollar técnicas de obtención de soluciones analíticas (O'Shea y Senechal, 1992).

Otro nuevo enfoque que se está dando a la enseñanza del cálculo se presenta bajo el formato de "Proyecto de Debate Científico" (Legrand, 1992) y su objetivo principal es conseguir que los estudiantes trabajen como si fueran matemáticos mediante la introducción de diferentes conceptos del cálculo en el contexto de problemas científicos. Los estudiantes formulan preguntas, proponen conjeturas, dibujan sus propias conclusiones de acuerdo a la relevancia y validez de las conjeturas, y discuten y argumentan sus puntos de vista con los compañeros de clase. El mayor obstáculo didáctico de este proyecto es el conflicto existente entre el enfoque científico y los hábitos de aprendizaje establecidos por las instituciones educativas.

El tercer enfoque novedoso al que se refieren los autores es el propuesto por Artigue y sus colaboradores (Artigue 1989, 1991, 1992, 1994; Alibert, Artigue et al., 1989; Artigue, Menigaux y Viennot, 1990; Artigue y Rogalski, 1989) que desarrollan un modelo teórico y de enseñanza denominado ingeniería didáctica. Un ejemplo, lo encontramos en una de las primeras investigaciones realizadas por Artigue (1989) sobre la enseñanza de las ecuaciones diferenciales, las cuales han acabado enseñándose como si de un catálogo de recetas de solución algebraica en los casos clásicos de funciones integrables se tratara.

Otras investigaciones pedagógicas de impacto en la didáctica del cálculo han sido las que han hecho de la informática y la computación su eje principal. Muchas de estas investigaciones han consistido en el desarrollo de un software especializado para la enseñanza efectiva de conceptos de cálculo (Tall, 1986b; Tall et al., 1990; Koçak, 1986; Hubbard y West, 1990). Por su especial relevancia, destacamos como ejemplo los trabajos de Tall en la línea de potenciar la visualización y las diferentes representaciones de un mismo concepto, como aspectos facilitadores del aprendizaje. Aunque Tall ha dedicado mucho tiempo a los trabajos sobre límites y continuidad, también son interesantes sus aportaciones en el estudio de la derivada, la tasa de cambio y los trabajos sobre visualización en dos y tres dimensiones de las soluciones relacionadas con el cálculo [10].

METODOLOGÍA

El diseño del programa lúdico se basa en el flujo óptimo de objetos de aprendizaje. Los objetos de aprendizaje corresponden a las temáticas que se alinean con las competencias propias del curso de Cálculo Diferencial del Tecnológico Nacional de México. Dichos objetos se

ordenan según una secuencia didáctica que obedece al logro gradual de las competencias matemáticas a lograr. En este bosquejo metodológico se presenta la parte representativa del programa lúdico que fluirá según la ordenación lógica de dichos objetos de aprendizaje. Los objetos de aprendizaje serán ordenados según el siguiente flujo:

SECUENCIA DIDÁCTICA A MODELAR MEDIANTE GAMÍSTICA

Gamística de precálculo

I) Aritmética

- Suma y resta de números enteros
- Multiplicación y división de números enteros
- Potencias y raíces de números enteros
- Suma y resta de fracciones
- Multiplicación y división de fracciones
- Potencias y raíces de fracciones
- Jerarquía de las operaciones
- Leyes de los signos
- Operaciones combinadas

II) Álgebra Elemental

- Reconocimiento de variables y términos algebraicos
- Operaciones algebraicas con términos semejantes
- Polinomios de orden n
- Reglas de operación de exponentes y radicales
- Factorización
- Binomios a potencias diversas
- Despeje de ecuaciones
- Sistemas de ecuaciones lineales

III) Geometría

- Reconocimiento de polígonos regulares
- Reconocimiento de curvas
- Propiedades fundamentales de las figuras geométricas
- Relaciones entre los lados y los ángulos de un triángulo (trigonometría básica)
- El teorema de Pitágoras
- Medición de ángulos en grados y radianes (cálculo de funciones trigonométricas con calculadora)
- Propiedades de la circunferencia (perímetro y área)
- Propiedades y ecuaciones de la línea recta
- Líneas rectas paralelas y líneas secantes

Gamística del cálculo diferencial

I) Números reales

- Identificación de números naturales, enteros, racionales, irracionales y reales.
- Desigualdades y orden de los números reales.
- Identificación de intervalos de números reales en la recta numérica.
- Valor absoluto de un número real.
- Distancia entre dos números reales.
- Resolución de desigualdades de primer grado y definición de intervalos
- Desigualdades con valor absoluto
- Aplicaciones de desigualdades.

II) Funciones

- Concepto de función, dominio y rango.
- Tipos de funciones
- Cálculo numérico de algunas funciones simples
- Gráficas de funciones
- Funciones trascendentes
- Operaciones con funciones
- Aplicaciones prácticas de funciones

III) Límites

- Concepto intuitivo de aproximación infinitesimal
- Concepto formal de límite
- Cálculo de límites en casos particulares
- Límites al infinito

IV) Derivadas y optimización

- Tasa de cambio promedio y tasa de cambio instantánea
- Visualización gráfica de derivadas
- Cálculo de derivadas de diversos tipos de funciones
- Aplicaciones prácticas de la derivada
- Máximos y mínimos en situaciones prácticas

La metodología educativa planteada en este proyecto se basa en el uso preguntas tipo test gamificada. Aunque existen otros recursos de la misma tipología, en este artículo se ha seleccionado esta herramienta por ofrecer las siguientes prestaciones:

- El acceso a la colección de preguntas tipo test sólo es posible a partir de un código que controla el profesor.
- El acceso a la plataforma se puede realizar desde cualquier dispositivo conectado a internet (smartphone, tablet o portátil).

- No se necesita un proyector común en un mismo lugar, por lo que permite trabajar online y que cada alumno acceda desde su propio dispositivo.

- Las preguntas tipo test, así como sus correspondientes respuestas, aparecen a cada alumno en distinto orden, dificultando así la posibilidad de que los estudiantes se copien entre sí.

- El tiempo de acceso, tanto de entrada como de cierre, está controlado por el profesor.

- El tiempo máximo de respuesta a cada pregunta lo limita el profesor al diseñar el test.

- Se pueden realizar simultáneamente distintas actividades para diferentes grupos de alumnos; el alumno puede comprobar al final del proceso las respuestas correctas, analizando con ello en qué ha fallado y reforzando así el proceso de aprendizaje; (ix) el profesor puede obtener, a través de un fichero Excel descargable, un feedback del trabajo realizado por los alumnos, permitiendo realizar así un análisis individualizado (proceso de evaluación) de las respuestas de cada alumno en las preguntas tipo test. Aunque el uso de juegos puede generar entusiasmo en el estudiante en un primer momento, el uso reiterativo de dichas herramientas hace decaer el interés (Wang, 2021), siendo el único aliciente el aspecto competitivo del juego. Se debe ser cuidadoso en el diseño del programa para prevenir este peligro, pues la intención no es generar competencia entre los estudiantes sino aumentar el interés por los tópicos propios del cálculo y un mejor ánimo para el aprendizaje.

Por otro lado, el uso de un recurso digital no implica en sí mismo un planteamiento metodológico, sino que debe estar respaldado por una metodología diseñada de forma apropiada y coherente con el propio recurso. Por ello la metodología se basa sobre dos pilares de la gamificación educativa:

- obtención de una insignia o recompensa al lograr un objetivo previamente determinado y
- planteamiento de una competición por lograr un premio mayor. Las insignias suponen un modo muy eficaz de mostrar y recompensar la progresión de los alumnos en las tareas o cursos que van superando.

CONCLUSIONES

El diseño de estrategias y herramientas didácticas digitales puede significar un avance significativo en la enseñanza de las matemáticas a nivel superior. La implementación de la gamística en las secuencias didácticas del cálculo diferencial genera un componente anímico positivo en la actitud del estudiante dentro de su proceso de formación profesional. La inclusión de juegos y retos intelectuales en las secuencias formativas es de

hecho, una demanda global del joven estudiante de nuestra actualidad, el cual es ya un nativo digital que procura en todo momento el apego a vivencias digitales/electrónicas.

Según diversos autores las nuevas tendencias educativas integran metodologías activas y participativas donde los estudiantes adquieren una postura dinámica en su aprendizaje. En este sentido, la gamificación emerge como una herramienta de transformación educativa. La integración de las mecánicas de juego en el aula se ha utilizado como estrategia para motivar el aprendizaje, potenciando el proceso de enseñanza en el aula.

En el contexto universitario se encuentra la gamificación una oportunidad para motivar, mejorar dinámicas de grupo, atención, crítica reflexiva y aprendizaje significativo de los estudiantes.

Los autores actuales coinciden en que para implementar una estrategia de gamificación exitosa es necesario diseñar con anticipación juegos significativos estrechamente conectados con las competencias matemáticas que se desean lograr en el estudiante.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

[1] Vergel, M., Duarte, H., y Martínez, J. (2015). Desarrollo del pensamiento matemático en estudiantes de cálculo integral su relación con la planificación docente. En *Científica*, 23, 17-29. DOI: 10.14483/udistrital.jour.RC.2015.23.a2

[2] Jiménez García José G. Geogebra una propuesta para mejorar el proceso de enseñanza aprendizaje en matemáticas. *Revista electrónica sobre tecnología, educación y sociedad*. Vol. 4 Num. 7 (2017).

[3] Cotic, N. S. (2014). GeoGebra como puente para aprender matemáticas. Recuperado de: www.oei.es/historico/congreso2014/memoriactei/1179.pdf

[4] Torres-Toukourmidis, A., Romero-Rodríguez, L.M., Pérez-Rodríguez, M.A., & Björk, S. (2018). Modelo Teórico Integrado de Gamificación en Ambientes E-Learning (E-MIGA). *Revista Complutense de Educación*, 29 (1), 129-145. <https://doi.org/10.5209/RCED.52117>

[5] Garduño V. Objetos de aprendizaje en la educación virtual: una aproximación en la bibliotecología. Scielo (2006).

[6] Prendes M. Paz, Martínez F., Gutiérrez I.: Producción de material didáctico: los objetos de aprendizaje (2006).

[7] Alvarado, A. Metodología de OA en e-learning como herramienta para la construcción de competencias. En: VI Congreso de educación a distancia MERCOSUR / Sul. en: [http://fad.uta.cl/dfad/docum/cedm/2-cl-Alan%20Alvarado%20Silva\(2004\)](http://fad.uta.cl/dfad/docum/cedm/2-cl-Alan%20Alvarado%20Silva(2004)).

[8] Gamboa Araya Ronnie. Uso de la tecnología en la enseñanza de las matemáticas. *CUADERNOS DE INVESTIGACIÓN Y FORMACIÓN EN EDUCACIÓN MATEMÁTICA* 2007, Año 2, Número 3, pp. 11-44.

[9] Barrera, F. & Santos, M. (2001). Students' use and understanding of different mathematical representations of tasks in problem solving instruction. *Proceedings of the Twenty Three Annual Meeting North American Chapter of the International Group for the Psychology of Mathematics Education*. Vol. 1, pp. 459-466. ERIC Clearinghouse for Science, Mathematics, and Environmental Education.

[10] Tall E., Koçak V., Hubbard G., West P.: Enseñanza del Cálculo Didáctica general. (1986). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2728867.pdf>

[11] Artigue M., Gómez P.: Ingeniería Didáctica en Educación Matemática (1989) Disponible en: <http://funes.uniandes.edu.co/676/1/Artigueetal195.pdf>

[12] Harel M., Trgalová P.: El papel de la enseñanza en la didáctica del cálculo: evolución, estado actual y retos futuros. (1996). Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/2728867.pdf>

[13] O'Shea G. y Senechal J.: Introducción a la Matemática Universitaria (1992). Disponible en: <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/14043/u240171.pdf?sequence=1>

[14] Legrand L., Grimaldi V: Didáctica específica II y prácticas docentes en Matemáticas. (1992). Disponible en: <https://www.memoria.fahce.unlp.edu.ar/programas/pp.7252/pp.7252.pdf>

[15] Wang Z: Implicaciones de la Gamificación en Educación Matemática, un estudio exploratorio. (2021). Disponible en: <https://revistas.um.es/red/article/view/485331>