



CURSOS UNIVERSITARIOS DE FÍSICA Y MATEMÁTICAS USANDO TECNOLOGÍAS E IMPRESIONES 3D

Una experiencia en el Tec de Monterrey

University Courses of Physics and Mathematics using Technologies and 3D Impressions: an Experience
at the Tec de Monterrey

M.^a DE LOURDES QUEZADA BATALLA, RUBÉN DARÍO SANTIAGO ACOSTA, ANTONIO HERNÁNDEZ MEDINA,
JOSÉ LUIS GÓMEZ MUÑOZ
ITESM-CEM, México

KEY WORDS

*Experiential learning
Technologies
3D Impressions*

ABSTRACT

An educative experience developed at the Tecnológico de Monterrey Campus Estado de México is shown in this work. The experience is based on the implementation of technological tools such as Geogebra and Mathematica for 3D model printing and designing in sophomore courses of Physics and Calculus. The models developed by the students have shown a significant impact on the teaching-learning process since these allow to illustrate complex concepts of exact sciences. Finally, the students work is analyzed and some of the results are discussed through surveys applied to the students as well as the professors that took part in this experience.

PALABRAS CLAVE

*Aprendizaje vivencial
Tecnologías
Impresiones 3D*

RESUMEN

Este trabajo muestra una experiencia educativa desarrollada en el Tecnológico de Monterrey Campus Estado de México, la implementación de cursos de física y cálculo utilizando herramientas tecnológicas como Geogebra y mathematica en impresiones 3D diseñadas y modeladas por los estudiantes. Estos modelos tienen enorme impacto en el proceso enseñanza-aprendizaje puesto que permiten ilustrar conceptos complejos de física y cálculo en una y varias variables, dando lugar a nuevas perspectivas en la enseñanza de las ciencias exactas. Al final, se analiza el trabajo de los alumnos y se discuten algunos resultados obtenidos en una encuesta aplicada a estudiantes y profesores participantes.

Introducción

Al revisar diversas teorías del aprendizaje como: 1) el aprendizaje significativo (Ausbel, 1963) caracterizado por cuatro pilares básicos a saber: inclusión sobre una estructura cognitiva previa, relación con estructuras de pensamiento superior, relación con experiencias con eventos u objetos, y relación afectiva hacia el conocimiento; 2) el aprendizaje vivencial que indica las formas de aprender con todos los sentidos, donde el estudiante debe involucrarse por completo en la tarea de conocer, saber e investigar fenómenos en particular. Se aprende haciendo, por medio de la acción, no solo escuchando o mirando, no solo razonando o sintiendo sino involucrando totalmente a los estudiantes en una experiencia que le exige su completa participación.

Además, el uso de impresiones 3D por los estudiantes, los convierten en creadores utilizando una tecnología de vanguardia que los científicos e ingenieros están usando para resolver problemas concretos. Los alumnos fomentan la empatía, el trabajo en equipo y la resolución de problemas cuando tienen que diseñar, modelar e imprimir su prototipo. En fin, observamos nuevas tendencias sobre el cómo enseñar y aprender que convergen en sesiones vivenciales y enseñanza-aprendizaje activos que incorporan las nuevas tecnologías.

En este trabajo presentamos una experiencia educativa desarrollada en el Tecnológico de Monterrey Campus Estado de México (ITESM-CEM), la implementación de cursos de física y cálculo utilizando herramientas tecnológicas como Geogebra y mathematica e impresiones en 3D diseñadas y modeladas por los mismos estudiantes. Al final, se analiza el trabajo de los alumnos y se discuten los resultados obtenidos

Metodología

Marco teórico

El Instituto Tecnológico y de Estudios Superiores de Monterrey (ITESM) cuyo Plan estratégico 2020 declarado en la iniciativa del Modelo Educativo Tec21 con el objetivo principal de "Brindar una formación integral y mejorar la competitividad de los alumnos en su campo profesional a través de potenciar las habilidades de las generaciones venideras para desarrollar las competencias requeridas que les permitan convertirse en los líderes que enfrenten los retos y oportunidades del siglo XXI", además de las competencias de cada disciplina, se pretenden desarrollar competencias transversales a través de cada carrera entre ellas: liderazgo, solución de problemas, trabajo colaborativo, etc. Al enfocarse en un modelo educativo de vanguardia, la iniciativa es impulsar el

aprendizaje experiencial interdisciplinario, a través de proyectos, retos y vinculación con la industria.

Al hablar sobre el Aprendizaje Vivencial, debemos precisar que en 2001 en la 46a Conferencia Internacional de Educación de la UNESCO se consideró respecto al aprendizaje de las ciencias, la premisa de que la ciencia es un factor determinante de crecimiento económico y de desarrollo social. Además, ahí se señaló que la adquisición de competencias científicas debe permitir que los ciudadanos comprendan mejor el mundo y sepan cómo actuar para lograr el crecimiento económico y el desarrollo social duraderos. Las principales orientaciones referentes al aprendizaje de las ciencias fueron, entre otras: 1) Adoptar métodos activos que partan de la realidad como fuente de aprendizaje, 2) Vincular los programas con el contexto humano y social y 3) Favorecer un enfoque interdisciplinario y de contextualización.

La experiencia nos muestra que el proceso de enseñanza aprendizaje de la matemática se ve afectado por factores como: 1) Poca vinculación de su contenido con la realidad. 2) Poca utilización de la matemática en el proceso de enseñanza aprendizaje de otros contenidos pertenecientes a otras disciplinas de un mismo plan de estudio. 3) La vinculación del contenido matemático a realidades ajenas a la del estudiante.

Consideramos que un mayor acercamiento o vinculación del contenido matemático a la realidad, a través de la utilización de diversos métodos de enseñanza que consideren fundamentalmente la resolución de problemas cotidianos, así como el fortalecimiento del vínculo interdisciplinar haciendo un mayor uso del contenido matemático por parte de otras disciplinas, podría ayudar a eliminar ó al menos disminuir el rechazo a la matemática por los estudiantes a la vez que contribuye a satisfacer las demandas que la UNESCO plantea acerca del aprendizaje de las ciencias.

Ante estas perspectivas, diseñamos nuestros cursos usando: 1) El aprendizaje experiencial, que es un proceso a través del cual los estudiantes desarrollan conocimientos, habilidades y valores de experiencias directas fuera de un entorno académico tradicional. Es decir, este tipo de aprendizaje se fundamenta en la idea que el conocimiento se produce a través de las acciones provocadas por una experiencia concreta, la cual se transforma en una conceptualización abstracta y permite aplicarse a nuevas situaciones, formando un proceso continuo e interactivo que genera nuevos aprendizajes. 2) La visualización que es un ingrediente importante en la enseñanza de las matemáticas, utilizamos figuras y modelos impresos en 3D. En la actualidad con las impresoras en 3D tenemos la gran ventaja de realizar modelos físicos que son importantes para la práctica de aprendizaje activo (Kidwell, Ackerberg-Hastings, and Roberts

,2008), la tecnología de impresión 3D en la educación se ha utilizado desde la década pasada, intensificando su uso con el avance de la tecnología y en la actualidad se ha considerado para explorar conceptos desde el nivel elemental hasta universitario (Lacey, 2010). Estos modelos físicos en 3D tienen un enorme impacto en la educación puesto que permiten ilustrar conceptos en varios campos matemáticos como el cálculo diferencial e integral en una y varias variables, la geometría o la topología, así como para ilustrar conceptos de física como óptica, circuitos, equilibrio sonido, osciladores, campos vectoriales, entre otros, lo cual da lugar a nuevas perspectivas en la educación matemática (Knill, O., & Slavkovsky, E. 2013) y (Mavromanolakis, G., 2015).

Diseño metodológico

Este trabajo se realizó en cuatro fases. La primera fue de planeación y se desarrolló en julio 2017 en la que se determinaron los cursos en los que se trabajaría en los semestres Agosto-diciembre 2017 y enero-mayo 2018 con el enfoque enunciado anteriormente. Así como: los conceptos en los que se deseaba impactar, prototipos en los que se usó impresiones 3D, red de actividades que apoyarían a los cursos y rúbricas de evaluación. En cada curso se propusieron las temáticas centrales que se tratarán con los prototipos propuestos que puedan integrarse en problemas de visualización específicos sin ser exclusivos. Un prototipo puede cubrir varios temas de física y/o matemáticas. Se formaron los equipos tomando integrantes del par de grupos (física y matemáticas) y cada uno de ellos desarrolló el prototipo asignado. Ver la tabla 1

Tabla 1: Materias y prototipos realizados.

Materias - Conceptos		Prototipos
Física I: Dinámica rotacional Operaciones entre vectores Equilibrio Tiro parabólico Centro de masa.	Matemáticas I: Funciones polinomiales Funciones sinusoidales, Diferenciales	Sistemas de poleas Moto-reductores con engranes Análisis de estructuras, Centro de masa. Catapulta
Física II: Hidrodinámica Sonido Osciladores	Matemáticas II: Volumen Longitud de arco Área superficial	Tubo de Venturi Clepsidra Aparatos de aerodinámica Instrumentos musicales Péndulo físico Ajedrez
Física III: Ley de inducción de Faraday Óptica Circuitos	Matemáticas III : Gráficas de funciones de varias variables Superficies	Generador eólico de electricidad Telescopio Protoboar para

eléctrico	cuádricas Integral doble • Integral trie	circuitos Cañón de Gauss. Sistemas de referencia 3D y flechas de vectores. Superficies cuádricas básicas
-----------	---	---

La segunda fase se implementó en el semestre agosto-diciembre 2017 se trabajó con las materias de Física I y III y Matemáticas I y III, revisando y ampliando las actividades y rúbricas propuestas. A los estudiantes se les proporcionaron los conceptos básicos de programación en geogebra, mathematica y antes de mandar a imprimir su dispositivo se revisó cuidadosamente a fin de evitar imprecisiones. En esta fase tuvimos 102 alumnos de los cuatro grupos, algunos de ellos en dos materias del mismo semestre

La tercera fase se llevó a cabo en el semestre enero-mayo 2018 se realizó con las materias de Física II y III y Matemáticas II y III, de manera similar al semestre anterior, en esta fase tuvimos 92 alumnos inscritos en estos cursos,

En la segunda y tercera fase se asignó por equipo el prototipo a realizar como parte del proyecto semestral de cada materia. Los estudiantes realizaron el modelo matemático del prototipo que fue revisado por los profesores para determinar mejoras y correcciones antes de imprimirlo en la impresora 3D. Se necesitó capacitar a los estudiantes en el uso de software como geogebra, mathematica y autocad, así como indicar la manera de modificar su código para imprimirlo en 3D.

La cuarta fase fue la evaluación de los prototipos que estuvo distribuida en tres periodos de clase: 1) Diseño (ecuaciones matemáticas o de física que lo representan), 2) Programación y generación gráfica del prototipo en 3D, 3) Transformación de archivos de graficas en extensión **stl** e impresión en 3D y 4) Utilidad en prácticas de laboratorio, comprobaron la eficiencia de cada prototipo realizando los experimentos requeridos de física y/o matemáticas (si era el caso). En la figura 1 se muestra el proceso seguido.

Figura 1: Proceso seguido para los prototipos



Los conceptos utilizados en cada etapa fueron evaluados en los exámenes de cada período y final. La evaluación de los prototipos impactó en la calificación final de cada curso y fue realizada por el grupo de profesores participantes. Al finalizar el semestre cada prototipo fue evaluado por un jurado externo a los grupos y fueron presentados en un "Festival de la ciencia" realizado en una escuela de educación básica vecina al Tecnológico de Monterrey.

Investigación

Para la evaluación del impacto del uso de la tecnología y modelos impresos en 3D en los cursos de física y matemáticas se consideraron tres aspectos: 1) Comparación cuantitativa de resultados en los exámenes iniciales y final en los temas en los que se utilizaron impresiones 3D para ilustrar conceptos complejos básicos que son utilizados en varias ocasiones durante el semestre, por ejemplo, en matemáticas III la graficas de funciones de varias variables se utilizan al inicio del curso, sólo como representación gráfica de funciones de varias variables y al finalizar el curso son utilizadas para determinar la región de integración de una integral triple; 2) comparación cualitativa del desempeño de los alumnos dentro de su trabajo en equipo al realizar sus prototipos y la evaluación global de los cursos, midiéndose la coherencia de desempeño, calidad de su trabajo en el equipo y desarrollo de las competencias y habilidades y 3) encuestas de opinión de los estudiantes acerca de la calidad de las actividades de aprendizaje desarrolladas en el proyecto.

Finalmente, en este proyecto se probaron modelos alternos de evaluación basados según el acuerdo colegiado de los profesores participantes considerando la separación de las componentes de formación por curso y los ámbitos desarrollados (conocimientos, competencias y habilidades) así como criterios para medir las percepciones de los estudiantes.

Discusión de resultados

Al revisar los exámenes inicial y final de los alumnos en los cursos de matemáticas observamos una mejoría significativa en los resultados obtenidos por los estudiantes en los temas en los cuales se usan impresiones 3D, por ejemplo, en el tema de graficas de funciones de varias variables observamos que de los alumnos que no responden correctamente esta pregunta en el examen inicial, el 87.5% grafican correctamente funciones en 3D en el examen final mientras que otros grupos de la misma materia sólo lo hacen el 25%, de forma similar los alumnos de matemáticas II que no responden de manera correcta las preguntas relacionadas con sólidos de revolución en el examen inicial, el 82 %

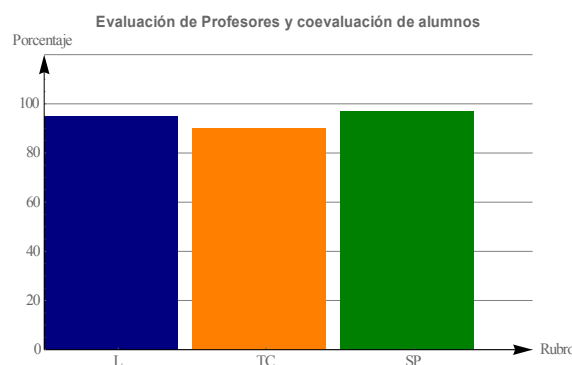
responden correctamente estas preguntas contra el 35% de otros grupos de la misma materia.

En Física I tradicionalmente los temas de mecánica no son interesantes para los alumnos ya que no le ven aplicación directa con el uso de prototipos el interés de los alumnos mejoró, en la materia de Física III los proyectos experimentales que generalmente se dejan en esa materia necesitan piezas que son difíciles de conseguir o muy caras, con las impresiones en 3D se logró superar esos problemas y los alumnos al tener que realizar sus impresiones necesitaron integrar sus conocimientos de matemáticas y física.

Después de realizar sus prototipos al finalizar cada semestre se realizó el "Festival de la Ciencia" en escuelas de educación básica cercanas al ITESM. Ahí los estudiantes tuvieron la oportunidad de presentar sus dispositivos y explicar a niños entre 6 y 12 años las leyes de física y matemáticas que se utilizaban en su funcionamiento, los Profesores de la escuela visitada evaluaron el desempeño de los estudiantes.

Para evaluar cualitativamente a los alumnos en su desempeño y su desarrollo de competencias entre ellas liderazgo, trabajo colaborativo y solución de problemas utilizamos la evaluación de los Profesores de las materias y de la Escuelas Primarias, además de la coevaluación en los equipos de trabajo, obteniendo los resultados mostrados en la figura 2, dónde se muestran las competencias de liderazgo (L), trabajo colaborativo (TC) y solución de problemas (SP).

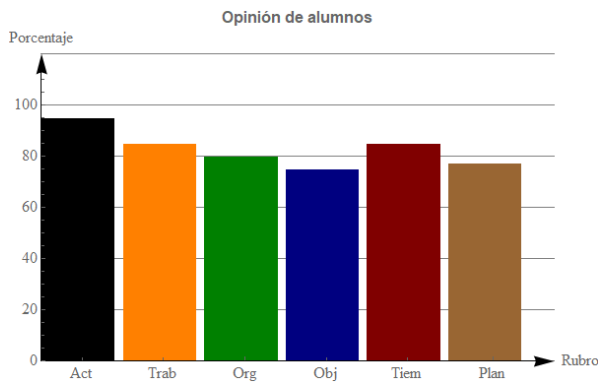
Figura 2. Evaluación de profesores y coevaluación de alumnos de competencias



Para evaluar la calidad de las actividades se levantaron encuestas con los alumnos del semestre agosto-diciembre 2017, haciéndose los ajustes necesarios para las actividades del semestre enero-mayo 2018, también detectamos necesidades de mejora en la calidad de la impresión, porque al poner en funcionamiento los prototipos nos encontramos con problemas en las propiedades mecánicas ya que debido al plástico utilizado la parte impresas en 3D se rompían o bien, a causa de la porosidad del material el agua se trasminaba.

En la figura 3 se muestran los resultados de la encuesta aplicada a los alumnos sobre su percepción de los cursos, donde se evaluaron los rubros: actividad es interesante (Act), trabajo del profesor (Trab), organización del curso (Org), se cumplieron los objetivos propuestos (Obj), tiempo adecuado para realizar las actividades (Tiem), planeación (Plan).

Figura 3. Opinión de los alumnos sobre los cursos y sus actividades de impresiones en 3D



Conclusiones

El usar software y prototipos para representaciones en 3D en nuestros cursos de matemáticas y física nos permitió abordar desde una óptica distinta conceptos complejos de estas materias, permitiendo a los alumnos tener modelos no sólo mediante el análisis matemático. En particular, representaciones con Mathematica y geogebra nos permitieron una amplia interactividad para explorar un concepto abstracto en una visualización interactiva, y apoyar el desarrollo del pensamiento matemático complejo del estudiante, además el utilizar las impresiones en 3D en prototipos diversos permitieron que el alumno aplicara e integrara sus conocimientos física y matemáticas de forma inmediata al construir objetos reales que previamente se modelaron y diseñaron usando los conceptos de matemáticas aprendidos.

Nuestro trabajo continuará el semestre agosto-diciembre 2018, trabajaremos con grupos de alumnos de matemáticas I y III y Física I y III con el objeto de revisar y mejorar nuestra propuesta y revisar los resultados obtenidos hasta el momento.

Referencias

- Bustos Gaibor, A. F. (2017). Las redes sociales su influencia e incidencia en el rendimiento académico de los estudiantes de una entidad educativa ecuatoriana en las asignaturas de física y matemática (Master's thesis, Espol).
- G. Lacey (2010). 3d printing brings designs to life. *techdirections.com*, 70 (2):17{19, 2010.
- Knill, O., & Slavkovsky, E. (2013). Illustrating mathematics using 3D printers. arXiv preprint arXiv:1306.5599.
- Mavromanolakis, G. (2015, July). Three dimensional printing technology in science and engineering education. A best-practice: Study, design and 3D print an operational model of a 2000 year-old computer. içinde Pixel. In Proceedings of International Conference: Future of Education, (pp. 167-172).
- Modelo Tec 21 Recuperado de <http://modelotec21.itesm.mx/files/folletomodelotec21.pdf>
- Molina Gómez, A., Roque Roque, L., Garcés Garcés, B., Rojas Mesa, Y., Dulzaides Iglesias, M., & Selín Ganén, M. (2015). El proceso de comunicación mediado por las tecnologías de la información. Ventajas y desventajas en diferentes esferas de la vida social. *MediSur*, 13(4), 481-493.
- P.A. Kidwell, A. Ackerberg-Hastings, and D. Roberts (2008). *Tools of American Mathematics Teaching, 1800-2000*. Smithsonian Institution, John Hopkins University Press, 2008
- Sánchez, N. F. (2013). Trastornos de conducta y redes sociales en internet. *SCIELO*, 36(6)