

Evolución de un curso de Cálculo Diferencial, desde la enseñanza tradicional hasta el uso de simuladores y tecnología robótica

Teresita Montañez¹, Cinhtia González¹, Michel García¹, Manuel Escalante¹

¹ Universidad Autónoma de Yucatán, Facultad de Matemáticas, Unidad Tizimín,
Calle 41 S/N 97700 Tizimín, Yucatán, México
{monmay, gsegura, michel.garcia, manuel.escalante}@uady.mx

Resumen. Se describe la evolución en la forma de impartir un curso de Cálculo Diferencial en la Licenciatura en Ciencias de la Computación, de 2001 a 2008. Desde el uso exclusivo de gis y pizarrón, donde el alumno se dedicaba a la ejercitación puramente matemática y la resolución de problemas descontextualizados del futuro campo profesional, hasta la incorporación de lenguajes de programación, robots y estrategias didácticas como el aprendizaje basado en proyecto. Con la adición de estas herramientas el estudiante es capaz de aplicar conceptos matemáticos para resolver problemas reales mediante la construcción de ambientes simulados. Se presenta un análisis comparativo que muestra el impacto favorable que ha tenido la incorporación de tecnología para incrementar el porcentaje de aprobación.

Palabras clave: Cálculo Diferencial, Aprendizaje Basado en Proyectos, Lenguajes de Programación, Simulación, Robots, Análisis Comparativo, Porcentaje de Aprobación.

1 Introducción

A principios del año 2000, se empezó a ofertar la Licenciatura en Ciencias de la Computación (LCC) en la Unidad Tizimín (Centro Multidisciplinario de la Universidad Autónoma de Yucatán). El primer semestre, los estudiantes admitidos participaron en un curso propedéutico con el fin de reforzar sus conocimientos y habilidades básicas del área de matemáticas, necesarias para cursar exitosamente la licenciatura. El curso propedéutico duró un semestre y contenía temas de álgebra, geometría analítica, geometría plana y trigonometría. Posteriormente, en septiembre del mismo año, este primer grupo de estudiantes cursó la asignatura de Cálculo Diferencial; al final del curso el 100% aprobó la asignatura obteniendo un promedio grupal de 79.8 pts.

Con base en los resultados obtenidos, se decidió continuar impartiendo el curso propedéutico a los estudiantes admitidos. Sin embargo, por cuestiones de tiempo y diversos factores, resultaba inadecuada la duración de un semestre, por lo que se redujo a 60 horas, impartiendo los mismos temas. Cabe mencionar que alrededor del 90% de los alumnos aceptados anualmente en la carrera provienen de un bachillerato técnico, cuentan con conocimientos y habilidades en computación, pero carecen de la fundamentación matemática necesaria para esta licenciatura. De 2001 a 2004 el porcentaje de aprobación de los estudiantes que cursaron la asignatura Cálculo Diferencial, fue de 55%.

Con el fin de aprovechar los conocimientos y habilidades con las que cuentan los estudiantes que ingresan a la carrera, a partir de septiembre de 2005 se ha incorporado gradualmente algunos recursos tecnológicos para impartir el curso de Cálculo Diferencial, tales como: los lenguajes de programación, la animación por computadora

y los robots; además del uso de la enseñanza basada en proyectos (EBP) que ha probado dar buenos resultados en carreras de ingeniería e informática [1],[2],[3],[4].

La idea primordial de este artículo consiste en describir brevemente la evolución del curso de Cálculo Diferencial, desde la ejemplificación del tipo de ejercicios que se resuelven en clase, hasta la descripción de los criterios de evaluación y los índices de aprovechamiento obtenidos. Para describir la evolución del curso, este trabajo está centrado en un tema particular: “las funciones paramétricas” y se utilizan varios ejercicios representativos. Es importante aclarar que los cambios en la forma de impartir el curso no sólo se han realizado en el tema de funciones paramétricas sino en todo el contenido de la asignatura, que inicia con el tema de los números reales y termina con las aplicaciones de la derivada, lo cual será presentado en futuros trabajos. Al final, se presenta un análisis comparativo de los resultados obtenidos durante 8 años.

2 Un curso tradicional (2001 a 2004)

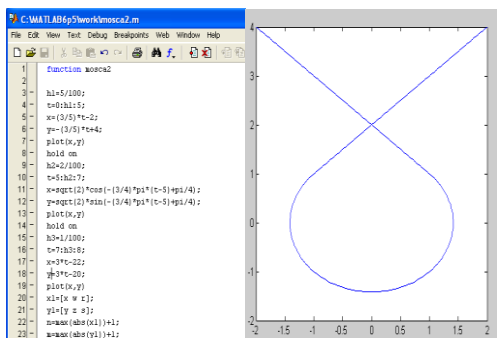
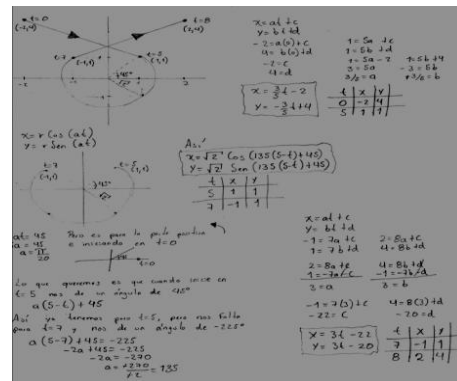
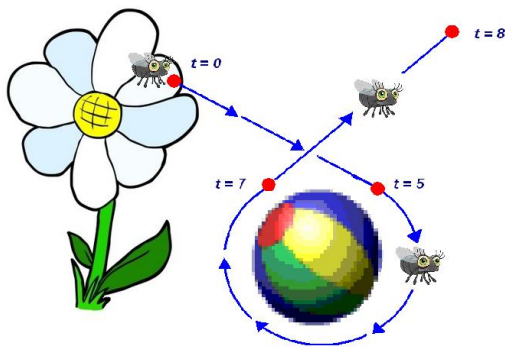
Inicialmente, los ejercicios planteados se resolvían en el salón de clases empleando únicamente gis y pizarra. Un ejercicio del enfoque tradicional del curso consiste en *determinar la curva recorrida por un punto P ubicado en la circunferencia de un círculo a medida que este rueda a lo largo de una recta (cicloide)*. Para resolverlo, el alumno debe determinar el modelo matemático, es decir, encontrar las funciones paramétricas involucradas aplicando los conocimientos que posee en cuanto a geometría analítica y trigonometría; posteriormente, debe comprobar si su modelo es correcto bosquejando manualmente sus funciones. Además, si el tiempo lo permite, se sugiere a los alumnos utilizar el graficador en línea de la Facultad de Matemáticas [5] o bien, los comandos gráficos de algún lenguaje de programación (Derive, Matlab o Scilab) en extraclase.

Para un alumno con un gusto natural por las matemáticas, el proceso de abstracción y modelado del ejercicio anterior resulta realmente interesante, pero para la mayoría de los estudiantes de esta carrera, cuyo interés primordial dista en gran medida de las ciencias abstractas, el proceso de solución del ejercicio podría resultar frustrante. Debido a esta situación, se trabajó en la búsqueda de nuevas formas de abordar los temas del curso.

3 Incorporación de Lenguajes de Programación (2005 a 2007)

En febrero de 2005, el cuerpo académico Ciencias de la Computación Unidad Tizimín, al cual pertenecen los autores de este trabajo, empezó a trabajar en el desarrollo de videojuegos con reconocimiento de voz para ayudar a la rehabilitación de niños con problemas de lenguaje. El grupo de trabajo estaba formado por 9 profesionales del área de computación (LCCs) y 3 del área de matemáticas, lo cual permitió una mayor interacción entre los profesores de ambas áreas. Lo anterior propició que los profesores que imparten las asignaturas del área de matemáticas tuvieran un conocimiento más amplio acerca de las competencias de un profesional del área de ciencias de la computación y marcó la pauta para realizar varios cambios en la forma de impartir la asignatura en la que se centra este trabajo. Entre los cambios más importantes estuvo la introducción a los lenguajes de programación, empleando Matlab, Maple o Scilab para crear un propio graficador y desarrollar sistemas sencillos que ayuden a aplicar conceptos matemáticos y simular problemáticas a las que se enfrentarán los estudiantes en su desempeño profesional.

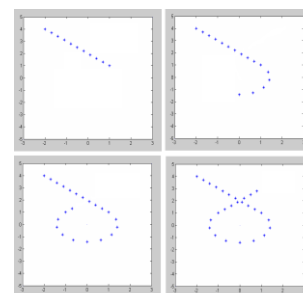
Un ejemplo de lo anterior se presenta en el siguiente ejercicio: *Como desarrollador del videojuego “La mosca pompochas” deseas producir un efecto de vuelo en el que una mosca inicie parada en una flor y vuele rodeando a una pelota. Su vuelo iniciará lento y terminará rápido.* (Figura 1). Se cuenta con los siguientes datos: en el tiempo $t=0$ la mosca se encuentra en el punto $(-2,4)$, en el tiempo $t=5$ se ubica en $(1,1)$ y gira alrededor de una pelota cuyo radio mide $\sqrt{2}$ hasta llegar al punto $(-1,1)$ en el tiempo $t=7$, finalmente, en el tiempo $t=8$ se ubica en el punto $(3,5)$. Para resolverlo, el alumno debe determinar las funciones paramétricas involucradas, es decir, requiere realizar un proceso de abstracción y modelado matemático (Figura 2). Posteriormente, debe elaborar un programa computacional que despliegue de manera gráfica las trayectorias descritas por las funciones paramétricas (Figura 3). Este programa le permitirá corroborar que su modelo es el adecuado para resolver la problemática planteada y una vez realizado, podrá ser reutilizado posteriormente para verificar cualquier situación similar. Por último, el alumno debe crear una animación simulando el movimiento real de la mosca (Figura 4). Esta actividad se ha convertido en el momento más satisfactorio del ejercicio pues, cuando el alumno observa su animación, es cuando ve coronado el fruto de su esfuerzo.



```

23 for j=1:33
24 close
25 plot(x1(j),y1(j),'*');
26 hold on
27 plot(0,0)
28 hold on
29 plot(n,a)
30 hold on
31 plot(-n,-a)
32 M(j)=getframe;
33 endj
34
35
36 for k=1:11
37 movie(M{k},1,1,h1);
38 end
39 for k=12:22
40 movie(M{k},1,1,h2);
41 end
42 for k=23:33
43 movie(M{k},1,10,h3);
44 end

```



4 Incorporación de Robots (2008)

A principios de 2008, el cuerpo académico Ciencias de la Computación Unidad Tizimín se encontraba en el desarrollo de un prototipo de silla de ruedas controlado con voz y bluetooth, empleando robots LEGO NXT. Aprovechando la disponibilidad de los robots, la versatilidad de los diseños posibles y el interés que despiertan en los estudiantes, se decidió incorporarlos al curso de Cálculo Diferencial. Para hacerlo, se planteó como uno de los proyectos del curso que el alumno construyera el ambiente simulado de una cirugía ocular con rayos láser. Las componentes básicas a simular fueron las siguientes: acercamiento al lecho corneal y corte con microqueratomo

Tabla 1. Los criterios de evaluación se han modificado

	2001-2004		2005-2007		2008-	
	Num.	Pts.	Num.	Pts.	Num.	Pts.
Exámenes Parciales (E)	3	85	3	75	4	60
Ejercicios teóricos y prácticos (T)	3	15	3	15	4	25
Programas computacionales (P)			3	10	4	7.5
Proyectos (S)					2	7.5
Calificación final parcial (C)	C=E+T		C=E+T+P		C=E+T+P+S	
Si $C \geq 80$, exento de un examen ordinario (R) y Calificación Final=C						
Si $CF < 80$, presenta un examen ordinario (R) y Calificación Final=0.6(C)+0.4(R)						

5 Análisis Comparativo

Los beneficios obtenidos al emplear diversos recursos tecnológicos para impartir el curso de Cálculo diferencial son realmente significativos. Las estadísticas indican que el promedio general en escala de 0 a 100, pasó de 57 puntos a más de 70 puntos (74, 72 pts.) y el porcentaje de aprobación cambió del 55% a más del 70% (76, 74%), como se muestra en la Tabla 2. Cabe mencionar que el proceso de enseñanza-aprendizaje es sumamente satisfactorio, tanto para los estudiantes como para el profesor, aunque en las estadísticas obtenidas hasta el momento no está reflejado el grado de satisfacción.

Tabla 2. Los porcentajes de aprovechamiento se han incrementado

	Método Tradicional				Lenguajes de Programación			Robots
	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Año								
Numero de alumnos	24	20	22	22	21	21	21	18
Calificación promedio anual	51	66	63	47	76	76	70	72
Desviación Estándar anual	27.9	19.5	12.3	20.2	9	16.2	18.3	27.6
Porcentaje de aprobación	0.63	0.75	0.41	0.41	0.86	0.71	0.71	0.74
Total de alumnos			88			63		18
Calificación promedio			57			74		72
Desviación Estándar			22.528			21.06		15.2
Porcentaje de aprobación			0.55			0.76		0.74

6 Conclusiones y Trabajo Futuro

Se ha constatado que incorporar en el salón de clases elementos como robots y lenguajes de programación, a la par con la aplicación de técnicas dinámicas de enseñanza como el aprendizaje basado en proyectos, permite activar procesos cognitivos en el alumno, lo cual propicia un aprendizaje significativo. La finalidad de las actividades descritas consiste en construir un laboratorio de simulación donde el alumno vaya adquiriendo los conocimientos mediante la aplicación de procesos similares al método científico: formulando hipótesis sobre un fenómeno y poniendo a prueba estas hipótesis mediante experimentos. Por esta razón, actualmente se está trabajando en la implementación de esta tecnología en otras asignaturas de la LCC como Cálculo Vectorial, Probabilidad, Teoría de la Computación y Estadística Inferencial. También se está trabajando con estudiantes de nivel medio-superior en temas del área de precálculo, geometría, física y trigonometría. Se realizan actividades en las que los estudiantes puedan llevar a la práctica los conceptos teóricos que por su abstracción resultan difíciles, pero que al trasladarlos a un ambiente simulado o real, se hace más ligera su comprensión. Posteriormente, se planea incluir al grupo de trabajo a los profesores de nivel medio-superior, que inicialmente participarán como asistentes y más adelante como instructores en sus asignaturas, aplicando la metodología descrita en este trabajo.

Referencias

1. Doswell J., Mosley P.: An innovative approach to teaching robotics. In Proc. 6th IEEE Int. Conf. on Advanced Learning Technologies, pp. 1121--1122. Kerkrade, Netherlands (2006)
2. Gawthrop P., McGookin E.: A Lego-based control experiment, IEEE Cont. Sys. Mag., 24:5, pp 43--56 (2004)
3. Gawthrop P., McGookin E.: Using Lego in control education. In Proc. 7th IFAC Symp. Advances in Control Education, pp. 31--38. Madrid, Spain (2006)
4. Aliane N., Bemposta S., Fernández J., Egido V.: Una experiencia práctica de aprendizaje basado en proyecto en una asignatura de robótica. Actas de las XIII Jornadas de Enseñanza universitaria de la Informática, pp. 139--144. Madrid, España (2007)
5. <http://www.matematicas.uady.mx/servicios/software/graficador.html>
6. Montañez T., González C., García M., Escalante M.: Cálculo Diferencial con Aprendizaje por Proyecto empleando Matlab y Robots LEGO NXT. Memorias de la Conferencia Conjunta Ibero-americana sobre Tecnologías para el Aprendizaje 2009, pp. 118--127. Mérida, México (2009)