

**PROGRAMA PRINCIPIA: EXPERIENCIAS DE UN MODELO EDUCATIVO
INTEGRADO PARA LA INGENIERÍA**

Carlos Daniel Prado Pérez
Rubén Darío Santiago Acosta
ITESM-Campus Estado de México

Resumen

Se presenta un modelo de enseñanza que integra de manera deliberada matemáticas, física y computación para las carreras de ingeniería que se imparten en el Sistema ITESM. El modelo desarrolla una metodología de enseñanza y aprendizaje cuyos ejes fundamentales son: la resolución de problemas, el aprendizaje basado en proyectos, y el aprendizaje basado en la investigación-acción, todo ello apoyado con tecnología. Este modelo toma como propia la estrategia del método Harvard, adopta como soporte el análisis y solución de problemas y considera importante los aspectos emocional y conversacional en la relación maestro-alumno. El modelo se desarrolla actualmente en el Campus Estado de México con 57 estudiantes distribuidos en tres grupos, dos de primer semestre y uno más de tercer semestre.

Introducción

En los últimos años se ha venido observando una tendencia de cambio en el modelo de enseñanza - aprendizaje que se utiliza en el ITESM. Sin descuidar la parte de conocimientos, ahora se considera importante incorporar dentro de los cursos diversas habilidades, actitudes y valores (HAV) como son, por ejemplo: trabajo en equipo, aprender por cuenta propia, uso de la tecnología, capacidad de análisis, síntesis y evaluación, capacidad de identificar y resolver problemas, y la buena comunicación oral y escrita, entre otras. Todas estas HAV pretenden preparar al estudiante para enfrentar el futuro con liderazgo y participación.

En los últimos tres años, el Departamento de Matemáticas del ITESM-CEM ha instrumentado diversos proyectos y cursos piloto que buscan enfatizar el desarrollo de las HAV en los cursos que el Departamento imparte. Entre los proyectos que más éxito han tenido destacan los dos siguientes: “Uso de la computadora en matemáticas” y “un sistema de evaluación automatizada”. Los objetivos principales de estos proyectos fueron: incorporar la tecnología en las clases de matemáticas y dar seguimiento al aprendizaje de los estudiantes. Con apoyo en estos dos proyectos se pudieron observar problemas en el proceso de enseñanza - aprendizaje de nuestros cursos de matemáticas. Se encontró, por ejemplo, que existe poca retención de conocimientos en los alumnos, que los cursos son bastante dirigidos, que están centrados en el álgebra, que se abusa en el uso de las reglas y que no se logra el completo desarrollo de un pensamiento matemático. Por otra parte, se observó que los cursos carecen de aplicaciones en las áreas de interés de los estudiantes y que la densidad de los programas restringe el uso de aplicaciones, por lo que la transferencia del conocimiento matemático a otras disciplinas prácticamente es nulo.

El programa Principia nace con la idea de superar todas estas dificultades y de apoyar el desarrollo en nuestros estudiantes de una cultura matemática, física y tecnológica dinámica que le permita enfrentar diversas situaciones que requieran de planteamientos físicos y matemáticos. Principia es un programa que busca establecer un nuevo esquema de educación en la ingeniería que permita optimizar el proceso de enseñanza y que amplíe el espectro de aprendizaje de los

estudiantes en todas sus diversas áreas. Para ello, ha considerado importante el desarrollo de un espacio y de un ambiente en que se dé un proceso mucho más dinámico que aquél que puede lograrse con el método tradicional de enseñanza. Asimismo ha buscado implementar una estrategia educativa en matemáticas, física y computación que permita desarrollar en los alumnos las actitudes, habilidades y valores que se ha propuesto nuestra Universidad. En este trabajo presentamos algunas de las características más importantes del programa y parte de la metodología educativa empleada.

Características del programa

Los principios en los que se fundamenta el programa son:

- Integración curricular de la física, matemáticas y computación. Esta integración se realiza con diez asignaturas del modelo tradicional, de las cuales cinco son de matemáticas, tres de física y dos del área de computación.
- Aprendizaje colaborativo. Pretendemos con esto que el estudiante sea capaz de transmitir y enseñar sus conocimientos a sus compañeros.
- Trabajo en equipo. Esta habilidad no sólo se utiliza como herramienta, sino que se desarrolla a lo largo del programa.
- La modelación matemática como herramienta fundamental de las ciencias y la ingeniería.
- El uso de la tecnología en el aula. Busca desarrollar la habilidad de su uso así como constituir un apoyo para el aprendizaje y la enseñanza.

En la Tabla (1) se muestran a grandes rasgos las diferentes temáticas del programa Principia, separadas por semestres. En la Tabla (2) se muestran algunas de las habilidades, actitudes y valores seleccionadas para el programa y las actividades realizadas.

Semestre	Matemáticas	Física	Computación
Primero	Cálculo diferencial de funciones de una variable, funciones vectoriales, elementos básicos de cálculo integral y ecuaciones diferenciales.	Mecánica y conceptos básicos de electricidad y magnetismo.	Los paquetes Microsoft Office, Mathematica y el lenguaje Scheme.
Segundo	Cálculo integral de funciones de una variable.	Termodinámica, y mecánica.	El paquete Matlab y el lenguaje Java y C++
Tercero	Integral múltiple. Probabilidad y estadística	Electromagnetismo y relatividad especial.	
Cuarto	Ecuaciones Dif. Ordinarias		

Tabla 1. La temática de Principia.

El modelo se sustenta sobre:

- Método Harvard. Este método proporciona guías para desarrollar las matemáticas a través de aplicaciones y sugiere que los conceptos matemáticos deben presentarse considerando aspectos geométricos, numéricos, gráficos y algebraicos.
- La estrategia de solución de problemas de Polya[1]. Se pretende que el estudiante analice un esquema de solución de problemas y rescate los elementos que le sean de mayor utilidad.
- La ontología del lenguaje. Se utiliza para establecer conversaciones con los estudiantes más efectivas, considerando la relación alumno-profesor desde una perspectiva más humanista[3].

HAV	Actividades
Trabajo en equipo	Resolución de problemas y proyectos.
Aprender por cuenta propia	Lecturas/ actividades previas
Uso de la tecnología	Uso de paquetes/ lenguaje Scheme/ proyectos.
Capacidad de análisis, síntesis	Resolución de problemas y tareas.
Capacidad de identificar, resolver y generar problemas	Proyectos y resolución de problemas
Buena comunicación oral y escrita	Reportes de las actividades de resolución de problemas, tareas, proyectos y presentaciones en equipo
Alta capacidad de trabajo	Proyectos y resolución de problemas
Aprecio por la cultura	Lecturas y aplicaciones de las matemáticas

Tabla 2: HAV y actividades.

La tecnología se utiliza de diferentes formas. La Tabla (3) muestra algunos aspectos y los objetivos buscados. Cabe resaltar que el diseño del espacio (aula equipada) surge de manera natural al considerar los procesos que suceden en nuestras actividades. El aula es un salón para 80 personas con divisiones móviles, con 20 mesas de trabajo que permiten conexiones a la red de Internet vía computadoras portátiles.

Tecnología	Actividades	Objetivos
Paquetes Mathematica y Matlab	Clínicas, resolución de problemas, tareas y proyectos.	Que el estudiante aplique sus conocimientos de física, matemáticas y computación a problemas de mayor complejidad que los vistos en cursos tradicionales
WWW	Captura de encuestas, lecturas, prácticas.	Facilitar el proceso de captura de información. Aplicar la tecnología en el proceso de enseñanza aprendizaje. Vincular al estudiante con la tecnología.
Computadora portátil	Clínicas, resolución de problemas, tareas y proyectos.	Que el estudiante utilice los elementos tecnológicos de vanguardia.
Paquetes de oficina como Microsoft Office	Clínicas, resolución de problemas, tareas, proyectos y presentaciones.	Desarrollar estrategias numéricas y gráficas para la resolución de problemas. Desarrollar la capacidad de comunicación oral a través de las presentaciones.

Tabla 3. Tecnología, Actividades y Objetivos.

En el programa Principia se trabaja con una evaluación diferente a la aplicada en los cursos tradicionales. La calificación del estudiante se integra considerando conocimientos, habilidades, transferencia del conocimiento a otras áreas, autoevaluación, evaluaciones del profesor y coevaluación. Existen también evaluaciones de diagnóstico y de formación.

En la parte académica se trabaja con la metodología de resolución de problemas y el aprendizaje basado en proyectos. Con la primera permitimos el avance de cada una de las áreas, considerando sus objetivos específicos y particulares, con la segunda realizamos la mayor parte de la integración de las áreas. La Tabla (4) muestra algunos de los proyectos trabajados por nuestros estudiantes y el impacto en cada una de las áreas que conforman Principia.

Proyectos	Matemáticas	Física	Computación	Tecnología
El gimnasio	Conceptos de funciones vectoriales	Concepto de fuerza. Leyes de Newton. Condiciones de equilibrio	Uso de Excel para trabajar funciones vectoriales.	Microsoft Office y uso de computadora portátil
La pista	Interpretaciones de derivada e Integral. Características de una función.	Conceptos de velocidad y aceleración. Tipos de movimientos.	Uso de Excel para diversas interpretaciones.	Microsoft Office, Mathematica y uso de computadora portátil
El caso del capitán Demsey	Modelación matemática usando ecuaciones diferenciales.	Resistencia del aire. Fuerzas dependientes de la velocidad.	Programación de métodos numéricos para resolver ecuaciones diferenciales.	Microsoft Office, Mathematica, Scheme y uso de computadoras portátiles.

Tabla 4. Red (parcial) de proyectos.

La Figura (1) muestra el esquema que seguimos en la construcción de una sesión de resolución de problemas. En ella se muestran los componentes básicos de esta metodología.

Resultados y Conclusiones

La Dirección de Efectividad Institucional de nuestra Universidad, con el apoyo de los profesores que trabajan en el programa, ha realizado estudios de evaluación desde su inicio (1997). Se han realizado catorce estudios sobre los resultados que los alumnos han adquirido en su aprendizaje y en la adquisición de habilidades, actitudes y valores.

Los estudios realizados abarcan tanto lo cualitativo (usando encuestas de opinión aplicadas tanto a alumnos como a profesores dentro y fuera del programa), como lo cuantitativo a través de la aplicación de exámenes que determinan conocimientos y la habilidad para transferirlos a las áreas del curriculum integrado. A continuación presentamos algunos ejemplos de los esquemas de evaluación de efectividad obtenidos, éstos muestran a grandes rasgos algunas de las bondades de Principia. Nuestras pruebas han consistido en lo siguiente:

- Índice de consistencia de actividades colaborativas (Figura 2).
- Opinión de estudiantes sobre el programa en el desarrollo de habilidades, actitudes y valores (Figura 3).
- Evaluación comparativa en diferentes esquemas de trabajo (Figura 4).

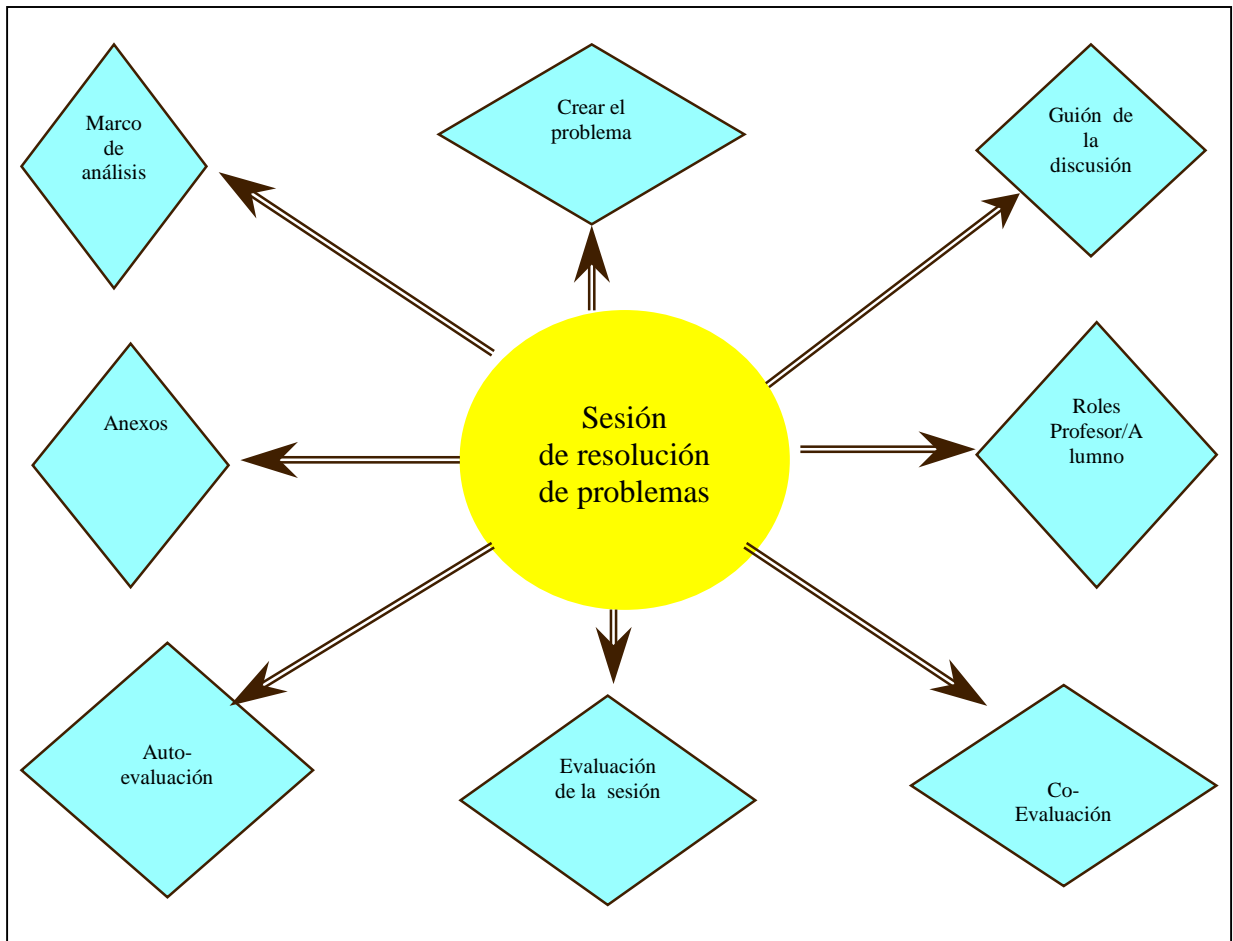


Fig. 1: Planeación de una actividad mediante resolución de problemas.

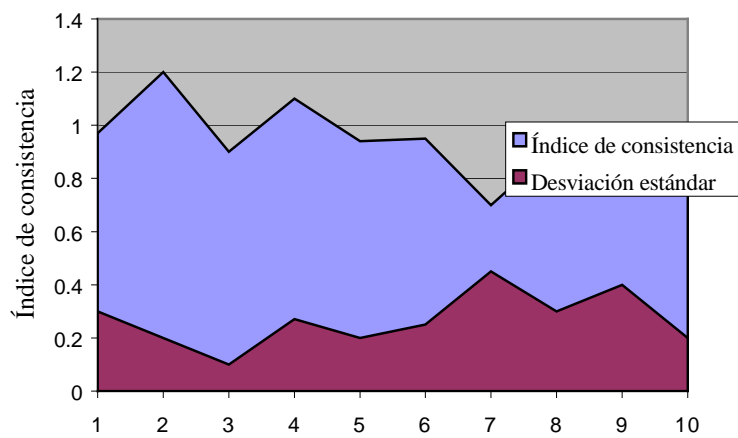


Figura 2. Índice de consistencia de una red de problemas.

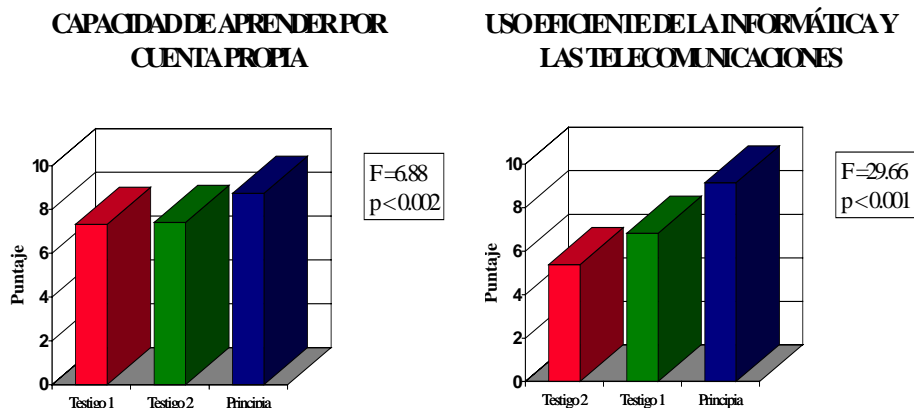


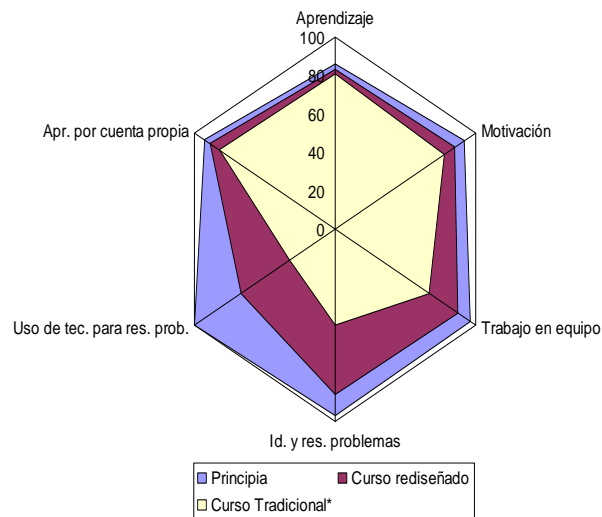
Figura 3: Comparación con otras modalidades de trabajo.

Conclusiones

Después de cuatro años de trabajo, uno dedicado primordialmente a la planeación y diseño y los otros tres a la implantación y evaluación llegamos a varias conclusiones que enumeramos a continuación:

- Observamos cómo cambia notablemente la percepción que los alumnos tienen de las ciencias exactas, apareciendo en mayor medida el papel de las matemáticas y valorando de manera significativa sus aplicaciones.
- Dentro del grupo de alumnos con los que trabajamos, notamos un incremento en los alumnos que piensan que las matemáticas y la física son útiles y que tratan de investigar nuevas ideas y resolver problemas, relacionándolos con conceptos ya adquiridos; esto nos permite inferir que ha habido una modificación de la concepción tradicional de las áreas citadas como bloques rígidos de conocimientos que hay que aprender de memoria.
- Existen metodologías bien estructuradas que reconocen el aprendizaje de las ciencias exactas como un campo dinámico donde el protagonista es el alumno y no el profesor. Hemos explicado en qué consiste la nuestra y consideramos que una de sus características más distintivas es que los alumnos elevan notoriamente su nivel de actividad mental y de participación en los procesos de su aprendizaje.
- Los alumnos adquieren más confianza en sus capacidades para resolver problemas y en general enfrentan con éxito situaciones de alta complejidad y presión emotiva.
- Les gusta resolver problemas, olvidando la apatía que generalmente se detecta en curso de enseñanza tradicional.
- No sólo resuelven los problemas que propone el profesor, en todo momento manifiestan interés e inquietud.
- A pesar de que la totalidad de nuestros estudiantes se enfrentan por primera vez en su bagaje escolar a experiencias que ponen a prueba su metaconocimiento, observamos que sus creencias, estrategias, técnicas y procedimientos en torno a las actividades de resolución de problemas a los que los exponemos se originan y desenvuelven en un excelente estado de emocionalidad. Esto es, consideramos que la evolución positiva de sus actitudes hacia las áreas del conocimiento exacto son el fruto de la metodología que estamos aplicando, basado

ante todo en el trabajo interdisciplinario, en la resolución de problemas, en el trabajo cooperativo, y en el uso de la tecnología.



*Previo estudio

Figura 4: Comparación de diferentes esquemas de enseñanza-aprendizaje con relación al programa Principia.

- No se ponen nerviosos cuando se les pide que resuelvan problemas, ni se desaniman fácilmente ante un problema difícil, lo que observamos es que lo intentan de nuevo y buscan diferentes estrategias de solución.

Bibliografía

- [1] ARTZT;NEWMAN (1991): How to use cooperative learning in the mathematics class. Virginia. NCTM.
- [2] DOUADY,A. (1995): Ingeniería didáctica en educación matemática. Grupo editorial Iberoamérica. México.
- [3]GÓMEZ-CHACÓN,I.M. (1992): Los juegos de estrategia en el curriculum de matemáticas. Apuntes IEPS, n. 55. Madrid. Narcea.
- [4] GÓMEZ-CHACÓN,I.M.; HERNÁNDEZ,R.P. (1997): Las actitudes en educación matemática. Estrategias para el cambio. Uno, revista de didáctica de las matemáticas. Apuntes IEPS, n. 13. Madrid. Narcea.
- [5] PIRIE, S.R.; KIEREN,T.E. (1992) Creating constructivist enviroments and constructing creative mathematics, Educational Studies in Mathematics, 23, pp. 505-528. Kluwer Academic Publishers.
- [6] POLYA, G. (1965) Cómo plantear y resolver problemas. Trillas, México.
- [7] WENZELBURGER, E. (1997): La resolución de problemas en las clases de matemáticas ilustrada: una red de problemas que prepara algunas situaciones típicas del cálculo. Memorias del VI Simposio Internacional en Educación Matemática.