

Métodos y resultados del aprendizaje de la investigación de operaciones hacia un desarrollo independiente

Rosario Garza Ríos e Ileana Pérez Vegara

Dpto. Matemática Aplicada, Fac. Ingeniería Industrial, ISPJAE

rosariog@ind.ispjae.edu.cu e ileper@ind.ispjae.edu.cu

Resumen

La impartición de la asignatura Investigación de Operaciones en la carrera de Ingeniería Industrial ha sufrido desde su introducción en Cuba en los años 60, variaciones tanto en su contenido como en el nombre de la misma. Conocida actualmente como Modelación Económica Matemática, en sus inicios incluía solamente dos asignaturas y no es hasta el diseño del Plan de Estudios " C ", que se decide dividirla en tres, por la importancia que han cobrado en el mundo estas técnicas en la gestión empresarial.

Es por esta razón que en el presente trabajo se analiza cómo la inclusión de la computación y de un fuerte trabajo independiente de los estudiantes en las asignaturas, permite alcanzar un mayor dominio de los contenidos y elevar la calidad en la impartición de la misma, obteniéndose como resultado un egresado con mayor capacidad para el análisis y solución de problemas de toma de decisiones en la gestión empresarial.

Introducción

Desde comienzos de la década del 70 se observa un creciente interés en el desarrollo y aplicación de las técnicas de optimización y de ayuda a la decisión; muchos reconocen que es éste el campo de la Investigación Operativa que crece con mayor velocidad, tanto en sus aplicaciones prácticas como en los resultados teóricos. Las razones que impulsan su desarrollo son numerosas: la necesidad de la optimización de los recursos, de realizar decisiones coherentes en condiciones de conflicto e incertidumbre, de modelar y asimilar la experiencia de expertos, de facilitar las decisiones en grupos y otras. La potencia de los medios de cómputo hace posible la creación de modelos matemáticos que cada vez en forma más compleja y rica reflejan los aspectos reales de la toma de decisiones; su bajo costo relativo los pone al alcance de vastos sectores. La racionalidad de las decisiones, ese ideal eterno de la conducta humana, es también cada vez menos lejana.

Las técnicas de la Investigación Operativa para el apoyo a la toma de decisiones juegan un papel creciente en la actividad práctica de la dirección económica (Anderson, 1999). En importantes centros universitarios del mundo desarrollado se forman hombres de negocio con conocimientos significativos en el campo de la ayuda a la decisión. El empresario (Hernández, 1990) puede además buscar el apoyo de un profesional que, a partir de una formación básica en ingeniería industrial, informática, economía o matemática, haya obtenido un dominio profundo del método científico, y conocimientos avanzados en la teoría y la práctica del análisis de la decisión, y de otros métodos modernos de la matemática aplicada, la inteligencia artificial y la informática, con capacidad para resolver problemas científico - técnicos y generar nuevo conocimiento a través de la investigación.

Es por esto, que la Facultad de Ingeniería Industrial del Instituto Superior Politécnico (Ingeniería Industrial, 1995, 1999), tiene entre sus objetivos la vinculación de los estudiantes de ingeniería industrial a las empresas, lo que coadyuvará a elevar el nivel práctico - cognoscitivo del estudiante al tener que enfrentarse a los problemas de las empresas cubanas, teniendo que hacer uso de los conocimientos teóricos adquiridos en Investigación Operativa para ayudar en el proceso de toma de decisiones auxiliados del software adecuado.

En el presente trabajo se expone la experiencia y el desarrollo adquiridos en la impartición de los contenidos de las asignaturas de Modelación Matemática y su vinculación con los problemas que enfrentan las empresas cubanas en las condiciones actuales, haciendo énfasis en la Modelación Matemática II.

1. Mejoramiento del proceso enseñanza aprendizaje de la Investigación de Operaciones.

No es hasta la década de los 60 que comienza en Cuba la impartición de la Investigación de Operaciones dentro de la especialidad de Ingeniería Industrial, la cual inició e impulsó los estudios de estas técnicas; en ese entonces se impartían los contenidos referentes a (Hillier, 1997): Programación Lineal, sus extensiones y aplicaciones, Programación Dinámica, Teoría de Colas y Simulación. Esto fue perfeccionándose paulatinamente con el desarrollo científico alcanzado por el claustro de profesores que la imparten, las necesidades del país y el entorno internacional.

Entre 1973 y 1976 se produce un intenso trabajo de perfeccionamiento de la especialidad de ingeniería industrial obteniéndose el Plan de Estudios “ A “, en el cual de acuerdo al reclamo de aquellos momentos era necesario elevar la vinculación de la teoría con la práctica, por lo que se dedicó una parte importante del tiempo a la formación laboral del estudiante, lo que permitió un mejor enfoque de las formas de enseñanzas.

En estos momentos se le da un vuelco a la enseñanza de la Matemática Aplicada dedicándose un total de 406 horas a la impartición de estos contenidos. A partir de entonces comienza un profundo cambio en el proceso enseñanza – aprendizaje, lo que se evidenció en el desarrollo del Plan de estudios “ B “, el cual tuvo entre sus logros el desarrollo en el campo de la informática y la optimización de decisiones.

No obstante los esfuerzos realizados, aún era insuficiente el tiempo dedicado a la enseñanza de la Modelación Matemática, insuficiente el desarrollo de habilidades y hábitos y una limitada vinculación de estas técnicas con las condiciones reales de la industria y los servicios, lo que motivó la creación del Plan de estudios “ C “, el cual fue diseñado para dar respuesta a las crecientes necesidades del desarrollo del país y las necesidades de elevar el nivel del egresado cubano en la especialidad de Ingeniería Industrial, reestructurándose las asignaturas de Modelación Matemática, lo que se muestra a continuación:

Antes del Plan de estudios C: Estas asignaturas formaban parte de una disciplina que incluía:

- ✓ Modelación Económico Matemática I (MEM I): La misma se impartía en el primer semestre del cuarto año de la carrera de industrial e incluía: Programación Lineal y sus aplicaciones, extensiones de la PL: El problema de transporte, trasbordo y asignación y la optimización en redes, con métodos de solución.

- ✓ **Modelación Económico Matemática II (MEM II)** : Esta asignatura se impartía en el segundo semestre del cuarto año, a continuación de la anterior, contando entre sus contenidos: Programación Dinámica, Teoría de Colas, Modelos de Inventario, Simulación, Lenguaje de Simulación, Diseño de Rutas de Distribución.

Con el Plan de Estudios C estas asignaturas pasan a formar parte de la disciplina Matemática Aplicada que incluye seis asignaturas: Probabilidades, Estadística I, Estadística II, Simulación, MEM I y MEM II

Por una parte, la disciplina ha estado muy ligada al desarrollo de las computadoras digitales, pues para poder aplicar métodos, generalmente iterativos, que caracterizan a la disciplina, es necesario el uso de dicho equipamiento; y por otra, existe una relación estrecha de las asignaturas de la disciplina, con otras asignaturas del perfil informático.

La disciplina tiene un carácter eminentemente práctico, aunque debe sustentarse sobre una base teórica que permita, ante el planteamiento de un problema, que el estudiante sea capaz de: identificar los datos necesarios, reconocer sus características, plantearlo, darle solución por un método adecuado y analizar los resultados obtenidos; estos problemas deben estar referidos a situaciones prácticas, preferiblemente vinculadas a la carrera.

Es fundamental en todas las asignaturas de la disciplina, que el estudiante asimile la forma eficiente de utilizar, aplicar el software existente y analizar los resultados obtenidos de la aplicación de dichos software, siendo este el enfoque principal que tiene la disciplina dentro de la carrera.

En este trabajo sólo haremos referencia, como se planteó anteriormente, a las asignaturas de Modelación Matemática, las cuales tienen asignadas en el Plan de Estudio vigente una cantidad de 210 horas repartidas de la siguiente forma: Simulación 64 horas, Modelos Matemáticos I 82 horas y Modelos Matemáticos II 64 horas.

El método de enseñanza que se utiliza actualmente tanto para la formación del futuro Ingeniero Industrial, como para la actividad de postgrado en las temáticas de Modelación Matemática incluye las siguientes actividades:

- Formación teórica de los contenidos.
- Desarrollo de casos prácticos donde se simulen las condiciones de las empresas cubanas.
- Realización de Proyectos de Cursos y tesis de grado en una organización productiva o de servicio.

En las actividades prácticas se hará énfasis fundamentalmente en la asimilación y aplicación del software existente a la solución de problemas, incluyendo el análisis de alternativas y resultados principalmente en trabajos de control extraclases discutidos en las microcomputadoras. Todo esto se corresponde con la necesidad de aumentar el trabajo independiente de los estudiantes, lo que redundará en un incremento del conocimiento y una mayor capacidad para enfrentarse a problemas reales.

Se fundamenta el trabajo en la necesidad de que los estudiantes de nivel superior no sólo reciban conocimientos sólidos en las asignaturas que correspondan a su especialidad, sino que sean capaces de vincular los mismos de forma creativa a la gestión empresarial, con el objetivo de que obtengan mejores resultados en la labor futura.

La asignatura **MEM II**, objeto de análisis en este trabajo es la última asignatura del ciclo, la cual

forma parte del currículum de 4to año de la especialidad de Ingeniería Industrial, y se imparte en el primer semestre. La misma está encaminada al planteamiento y solución de determinados tipos de problemas asociados con la toma de decisiones secuenciales, donde es fundamental el enfoque que se utilice en la solución de estos tipos de problemas, así como los métodos de solución que deben aplicarse, entre ellos los métodos heurísticos; también se incluyen en su contenido las técnicas de toma de decisiones en presencia de múltiples criterios, herramientas que se incorporan a la Modelación Matemática con el Plan de Estudios " C ". Además, en esta asignatura se debe dar a conocer la utilidad de los Decision Support Systems y sus posibilidades de aplicación como herramientas para la toma de decisiones.

Esta asignatura concibe dentro de su sistema de evaluación los Proyectos de Curso, los cuales serán ejecutados por grupos de 2 ó 3 estudiantes; en los mismos se realiza un diagnóstico de la empresa donde los estudiantes describen la situación actual de la misma, detectan deficiencias, proponen soluciones y definen qué técnica matemática se debe utilizar para darle solución al problema planteado; para ello utilizarán la metodología propuesta por: (Hillier, 1997), (Otero, 1990), (Lane, 1983), (Morales, 1984).

Dentro del conjunto de habilidades que deben adquirir los estudiantes del 4to año de la especialidad de Ingeniería Industrial se encuentran:

- Utilizar paquetes de software existentes acordes a la actividad desempeñada.
- Utilizar la modelación matemática en la solución de los problemas cuantificables acorde a la actividad asignada.
- Redactar informes técnicos que contengan soluciones propuestas y aplicadas.
- Valorar económicamente las soluciones a las medidas propuestas.

Para que el aprendizaje sea eficaz debemos crear en el estudiante la necesidad de aprender y propiciar un ambiente donde se motive esta necesidad (Blanco, 1994). En la incansable búsqueda de distintas alternativas de solución a este problema y con el objetivo de dar cumplimiento al sistema de habilidades diseñado y por tanto lograr obtener un egresado con mayor calificación, es que se propone mejorar la impartición de la asignatura con la introducción de la tecnología informática, la que se ha transformado en una herramienta importante en los procesos de aprendizaje, investigación y aplicación de las ciencias. Esto motivó planificar un mayor número de actividades prácticas, con el uso de la máquina computadora, dedicándose el 32% del total de horas de la asignatura a estas actividades docentes.

Las actividades programadas son:

- Conferencia en el aula especializada.
- Clase práctica en el laboratorio de máquinas computadoras, en la cual los estudiantes deben resolver un problema relativo al tema en cuestión, haciendo uso de los conocimientos hasta el momento adquiridos; cada estudiante tendrá una problemática a resolver y deberá entregar un informe donde plantee: los datos del problema, la técnica a utilizar, el software empleado y un análisis de los resultados a los que arribó.

Las últimas tres actividades docentes de la asignatura se dedicarán a la realización de un trabajo de control extraclases. Para llevar a cabo este trabajo los estudiantes harán uso de la metodología planteada anteriormente.

En la primera, cada estudiante recibirá una problemática a resolver, la misma vincula todos los conocimientos adquiridos en el ciclo, e incluye en algunos casos conocimientos adquiridos en las demás asignaturas del semestre, presenta cierta complejidad en la cual estará presente la aplicación de los conocimientos de más de una disciplina o técnica, según sea el caso, antes de poder llegar a la toma de decisiones final, deberá analizar los datos que se presentan, determinar de ellos cuáles son de interés para la solución del problema o cómo va a valorar cada uno de ellos.

La próxima actividad se dedicará a la solución del problema con la utilización de la máquina computadora y el software adecuado, y en la última actividad el estudiante expondrá sus criterios acerca de la solución del problema, como lo resolvió y cuáles fueron los resultados obtenidos por él, entregando además un informe que contenga todo lo anterior; esta última final será la que más influirá en la nota de la asignatura dado por que ella no tiene examen final, sólo actividades evaluativas parciales.

2. Resultados obtenidos

Para analizar los resultados tomando en cuenta las modificaciones propuestas para el nuevo Plan de Estudios se analizaron las variables que podían influir en los resultados lo que se muestra en la tabla 1:

	Indice académico para el ingreso	Promedio académico
Curso 98/99	97.3	4.00
Curso 98/00	96.8	4.05
Diferencia	0.5	-0.05

Diferencia **Tabla 1:** Variables analizadas.

Como se aprecia en la tabla 1 la diferencia académica entre los estudiantes de un curso y otro no es significativa por lo que se decide no incluirlas en el análisis.

Se muestran los resultados obtenidos en la calidad de la docencia producto de la aplicación de estas actividades de forma experimental en el Plan "C". Esto se hace con el objetivo de evaluar su efectividad en la impartición de la asignatura; con el desarrollo de estas actividades docentes, además se podrá comprobar la efectividad del Plan de Estudios "C" en la asimilación de los conocimientos adquiridos por los estudiantes al elevar los indicadores cuantitativos de la misma, lo que puede verse en la tabla 2.

	Curso 92/93 Plan "B"	% vs Matricula	Curso 98/99	% vs Matricula	Curso 99/00	% vs Matricula
Matricula	79		32		26	
5	8	10	7	21.8	7	26.9
4	19	24	8	25	12	46.1
3	50	63.3	16	50	7	26.9
2	2	2.5	1	3.1	-	0

Tabla 2: Comparación de la calidad de la docencia

Si analizamos los resultados con respecto a la calidad de la docencia (5 y 4 puntos) obtenidos en el curso 92/93 (Plan de Estudios " B "), último curso en que la asignatura MEM II tenía examen final e incluía otros contenidos, con los resultados obtenidos en el curso 99/00 donde se impartió de forma experimental a como se planifica para el Plan " C ", podemos concluir que existe una diferencia del 33.43% a favor de este último, lo que corrobora la efectividad de la realización de este tipo de actividades docentes.

Si comparamos estos resultados con los del curso 98/99 podemos notar que en este curso la cantidad de estudiantes con evaluación entre 4 y 5 puntos es del 46,8 %, mientras que en el curso 99/00 se obtuvo un 73%, lo que provoca que exista una diferencia de 26.2 %.

A este análisis se puede añadir la cantidad de horas del estudiante frente a la máquina computadora, lo cual esta en correspondencia con el plan director de computación, lo que se muestra en la tabla 3 con respecto a las horas planificadas.

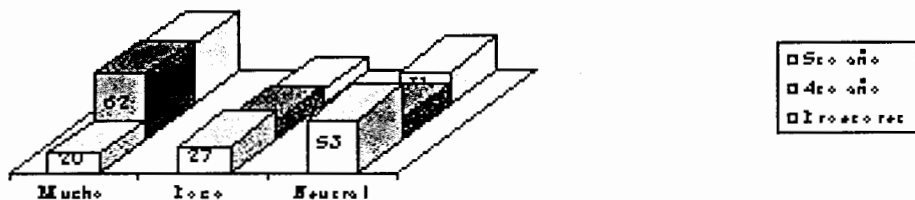
	plan	real	%
Cantidad de horas	8	15	187.1

Tabla 3: Cantidad de horas frente a la máquina computadora

De la presentación de los resultados alcanzados por los estudiantes en el trabajo realizado tres trabajos de ellos fueron seleccionados y expuestos en la Jornada Científica Estudiantil de la Facultad, por la creatividad, originalidad y calidad de la solución dada a la problemática planteada y la presentación del trabajo.

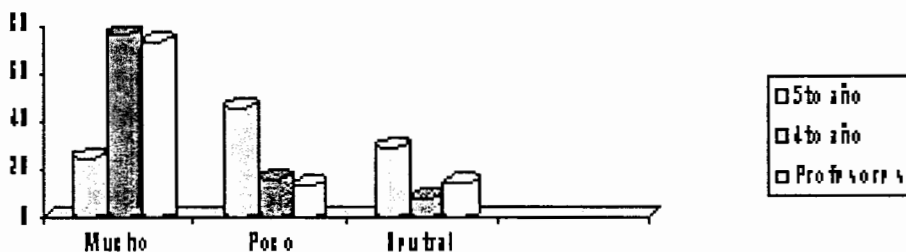
Para comprobar la efectividad de la introducción de estos tipos de actividad en la impartición de la asignatura MEM II se encuestaron 47 estudiantes de 5to y 4to Año de Ingeniería Industrial y 48 profesores, lo que permitió corroborar que los cambios propuestos garantizan el cumplimiento de los objetivos y habilidades que deben adquirir los estudiantes, la vinculación lograda con otras asignaturas, el grado de creatividad, independencia alcanzados y la motivación por la utilización de estas técnicas, lo que se muestra en los gráficos 1, 2 y 3.

Pregunta 1: Ha aumentado la utilización de las técnicas matemáticas para la toma de decisiones en la

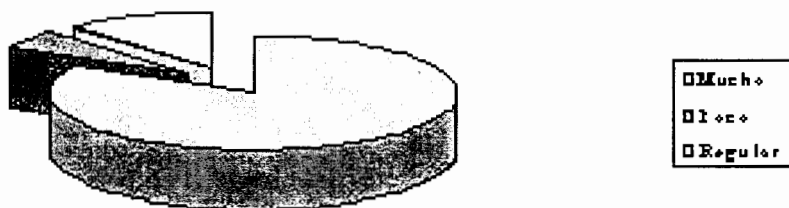


asignatura que imparte y/o recibe.

Pregunta 2. Se encuentra motivado con la utilización de técnicas matemáticas en trabajos extraclases y extracurriculares.



Pregunta 3. Es de utilidad para la toma de decisiones del ingeniero industrial el conocimiento de estas técnicas.



El análisis de la encuesta realizada a los estudiantes y profesores muestra una mayor motivación por aplicación de las técnicas matemáticas en la toma de decisiones, lo que corrobora la utilidad del cambio de paradigma en la impartición de la asignatura Modelos Matemáticos II para la especialidad de ingeniería industrial.

Conclusiones

El extraordinario desarrollo de la computación electrónica en nuestros días ha elevado en modo notable la aplicabilidad y efectividad de la Modelación Matemática en la especialidad de ingeniería industrial.

La introducción más activa de la maquina computadora en el proceso de enseñanza aprendizaje de la Modelación Matemática para ayudar a la toma de decisiones en la solución de una problemática dada es una herramienta eficiente y particularmente eficaz lo cual se ilustró a través de los resultados obtenidos en su aplicación experimental en el curso 99/00.

Se considera que estas transformaciones propician el desarrollo de la creatividad en los estudiantes, así como del espíritu crítico y autocrítico y la responsabilidad dentro del sistema de valores que se ha propuesto desarrollar la carrera Ingeniería Industrial en sus estudiantes.

Referencias bibliográficas

- Anderson, D. & Sweeney, D. & Williams, T. (1999). *Métodos Cuantitativos para los Negocios*. Séptima Edición, International Thomson Editores S.A de C.V.
- Blanco S. (1994). *La orientación de las acciones del estudiante en el proceso de asimilación*. Revisita Cubana de Educación Superior, Vol. 14 No 2.

- Hernández, H. (1990): *Salta a la vista lo evidente*. Revista Cubana de Educación Superior, Vol. X No 1.
- Hillier, F. & Lieberman, G. (1997). *Introducción a la Investigación de Operaciones*. España. Ingeniería Industrial (1999), *Planes de Proceso Docente. Planes de Estudios " C " Perfeccionados*. MES, Editora Abel Santamaria, Nov, 1999.
- Ingeniería Industrial (1995), *Plan de Estudios de Ingeniería Industrial*, ISPJAE, Cuba.
- Lane, A. & Mansour, H. & Harpell, L. (1993) . *Operations Reseachs Techniques*. Interfaces 23 -2.
- Morales, A. (1984). *Programación Lineal. Metodica de Aplicación*. Editorial de Ciencias Sociales, La Habana.