



ARTÍCULO ORIGINAL  
INVESTIGACIÓN DE OPERACIONES

## Interfaces Inteligentes en el aprendizaje de la Modelación

### *Intelligent Interfaces in modeling learning*

Miguel Garay-Garcell

<sup>1</sup> Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Dirección de Recursos Humanos, La Habana, Cuba

E-mail: [garay@ceis.cujae.edu.cu](mailto:garay@ceis.cujae.edu.cu)

Recibido: 05/05/2013

Aprobado: 10/07/2015

#### RESUMEN

Uno de los problemas fundamentales planteados al aprendizaje virtual en el campo de la Modelación es el desarrollo de hábitos y habilidades en la modelación de sistemas complejos. En el presente artículo se desarrolla y describe el sistema Generador de Problemas Hipermedia. Este permite automatizar la confección de problemas de optimización y la creación de situaciones problemáticas utilizando la tecnología multimedia y el desarrollo de interfaces inteligentes. El trabajo posee significativa importancia para la enseñanza y el aprendizaje de la Informática Educativa y la Modelación Matemática. Su exitosa aplicación ha permitido incrementar significativamente la eficiencia del proceso de enseñanza y aprendizaje. Mediante la introducción racional de la Tecnología Multimedia los estudiantes se han ejercitado el proceso de construcción y representación de situaciones problemáticas de optimización. Se utiliza el sistema C# con la tecnología .net para Windows, así como diversas tecnologías multimedia

**Palabras clave:** Problema, Situación Problemática, aprendizaje virtual, modelación, hipermedia, tecnología multimedia.

#### ABSTRACT

*One of the most fundamental problems formulated to machine learning is the development of habits and abilities in complex systems modeling. At the present paper a system named Generator of Problems Hypermedia is described and developed. This software system allows automating the process of optimization problem construction and automatic generation of problem statements for complex problem situations using the multimedia technology tools and intelligent interfaces. The work possesses significant importance in the introduction of computers in Education and in the development of Mathematical Modeling. Their successful application increases considerably the efficiency of the teaching and learning process. By means of the rational introduction of the Multimedia Technology tools students have exercised the construction and representation process of optimization problem situations. The system C# is used with the technology .net for Windows, as well as diverse multimedia technologies.*

**Key words:** Problem, Problem Situation, machine learning, modeling, hypermedia, multimedia technology.

### I. INTRODUCCIÓN

En el presente trabajo se plantea como objetivo el perfeccionamiento de la enseñanza de la modelación matemática. El diseño de uno u otro tipo de modelo depende del carácter específico del objeto a investigar y de los métodos disponibles para la investigación. En el proceso de formulación de un modelo se debe formular, inicialmente, un enunciado (modelo verbal) del sistema objeto de estudio. Luego, este modelo es sometido a un proceso de refinación paulatino hasta que el investigador considere que ya puede ser transformado o traducido en símbolos matemáticos. El problema real del tránsito del modelo verbal al modelo matemático, surge cuando el modelo verbal inicial no suministra una descripción adecuada del sistema y sus deficiencias se ponen de manifiesto en el intento de transformar las palabras en símbolos matemáticos. De lo anterior se deducen los dos momentos importantes en la Modelación Matemática:

1. El establecimiento de relaciones adecuadas entre el sistema real y su descripción (modelo verbal) o sea el tránsito del fenómeno real al modelo verbal, lo que caracteriza al proceso de idealización.
2. La transición del modelo verbal (Enunciado, *word problem*) al modelo matemático.

La adquisición de habilidades en la idealización de los fenómenos físicos, económicos, sociales, militares, y otros por los estudiantes, constituye un lento y complejo proceso de aprendizaje. En relación con ello, Ackoff, p. 10 planteaba: "La calidad de un modelo depende en gran medida de la imaginación y de la creatividad del equipo de investigación" [1]. La intuición, la capacidad para comprender la naturaleza interior de un fenómeno y otras operaciones mentales que son esencialmente incontrolables juega un papel principal en el proceso. No es posible, además preparar un manual de instrucciones para la proyección de un modelo. Si tal manual se preparara constituía más bien una restricción que un método para promover la creatividad. A pesar de ello, cuando se analiza la experiencia obtenida en el pasado es factible encontrar determinados patrones en el proceso de modelación". Por otra parte, para la mayoría de los estudiantes trabajan con expresiones algebraicas y resolver ecuaciones resulta más fácil a medida que incrementa su entrenamiento. Sin embargo, la resolución de problemas de enunciado constituye la parte más compleja de la enseñanza de la Modelación Matemática. Ello se debe principalmente a que los estudiantes deben dominar los hábitos y habilidades necesarios para realizar el tránsito de un modelo verbal a un modelo matemático. Para simplificar, en el presente trabajo se restringe el análisis a los modelos lineales de optimización. La programación lineal es una de las ramas principales de la Modelación Matemática y presenta una amplia utilización en la actualidad. Al subrayar la importancia de la Modelación como método científico para la Investigación de Operaciones el profesor Wagner planteaba: "la esencia de la Investigación de Operaciones es la formulación del modelo" [2].

En el presente trabajo se desarrolla una aplicación de los métodos de la Inteligencia Artificial con el objetivo de perfeccionar el proceso enseñanza y aprendizaje haciéndolo más racional e interesante a los estudiantes. La experiencia acumulada en la enseñanza de la Modelación Matemática muestra que frecuentemente los estudiantes presentan dificultades en la determinación del modelo más adecuado para una situación de toma de decisiones dada. Por ejemplo, al enfrentarse a la toma de decisiones puede que no sea evidente la determinación del método de optimización (programación lineal, programación dinámica, simulación u otros), más eficiente en la solución del problema planteado. Actualmente, los novatos (estudiantes, ingenieros, etc.) en la programación de modelos de optimización son auxiliados por tutores (expertos), en su enfrentamiento con problemas de toma de decisiones complejas. En relación con ello, surgió la idea de diseñar un sistema inteligente para la enseñanza de la Programación Lineal.

Para resolver un problema de optimización el estudiante debe transitar por un conjunto de etapas. Ellas son:

- Análisis del Problema
- Planteamiento del Problema

- Formulación del Modelo Matemático
- Prueba e Implantación del modelo
- Perfeccionamiento

## II. MÉTODOS

### Interfaces Inteligentes

Un número considerable de autores han reconocido la importancia del diseño de la interfaz con el Usuario (Estudiante) en el desarrollo del proceso de enseñanza y aprendizaje por la computadora. Se denomina Interfaz de Usuario a la interacción entre la computadora y el usuario. Por su parte el *Webster Dictionary* define el concepto de Interfaz como: "el lugar en que sistemas independientes se reúnen y actúan sobre o se comunican entre sí"<sup>1</sup>.

Su objetivo es apoyar el trabajo del Estudiante de forma amistosa y transparente. Ello permite que el Estudiante se concentre profundamente en la esencia del experimento cognitivo y logre eficientemente su objetivo: *Aprender más y mejor en el menor tiempo posible*. Su diseño debe contemplar algunos principios claves:

1. No repetir problemas y ejercicios (aburren).
2. Jerarquía en la resolución del problema; ir de lo simple a lo complejo y de lo general a lo peculiar.
3. Adaptación al nivel de conocimiento y habilidad demostrada por el Estudiante (personalización y traza del Estudiante)
4. Involucrar al usuario en una interacción continua con la computadora.
5. Los mensajes deben ser variados y amistosos.
6. Retroalimentación educativa.
7. Estimular el uso de diferentes métodos de solución.
8. Minimizar la ayuda al Estudiante. Deben usarlo de forma evidente.
9. Uso adecuado del color.
10. Texto legible y agradable.

La relación y la adaptación de las interfaces a las aplicaciones es uno de los problemas fundamentales que enfrenta el Desarrollo de Interfaces Inteligentes. Es el problema de asegurar la calidad de su diseño con el menor costo posible. El desarrollo de Interfaces Inteligentes puede ayudar a perfeccionar el proceso de comunicación hombre-máquina mediante:

1. Hacer el dominio del problema más comprensible y accesible al usuario.
2. Hacer la interfaz más comprensible y accesible al usuario mediante la utilización de métodos adecuados de interacción en cada situación problemática concreta.
3. Dotar al sistema capacidad de aprendizaje sobre las virtudes y deficiencias cognitivas del usuario.
4. Explicar los errores de forma amistosa y comprensible, estimular el espíritu de investigación científica, promover la duda.

La Interfaz Inteligente es particularmente importante en el Software Educativo debido a que:

1. Se puede hacer más comprensible el Dominio de Conocimiento a ser estudiado.
2. La interfaz se debe adaptar al móvil de conocimiento, habilidad y desarrollo cultural del usuario.
3. Se debe explicar los errores del usuario de forma lógica, accesible y amistosa (Retroalimentación positiva).

Se ha prestado poca atención al Diseño de Interfaces Inteligentes en el Software Educativo y ello tiene influencias negativas en el desarrollo de sistemas inteligentes para la educación con altos niveles de calidad [3, 4].

El Software Educativo se diseñó para aprender determinado Dominio del Conocimiento a diferencia de otros Software que son usados por especialistas y expertos en el área de conocimiento del cual ya poseen experiencia práctica y conocimientos por lo que pueden imaginar el funcionamiento del

---

<sup>1</sup> The Merriam-Webster dictionary. Springfield, Mass: Merriam-Webster; 1995.

## INTERFACES INTELIGENTES EN EL APRENDIZAJE DE LA MODELACIÓN

programa, cosa que no ocurre en los novatos (Estudiantes). El objetivo del Software Educativo es promover el aprendizaje, mostrar nuevos conceptos y contenidos, ejercitar, simular sistemas. El usuario aprende en función del tiempo por lo que los problemas y ejercicios deben incrementarse en su complejidad y detalle: " *De lo simple a lo complejo, de lo general a lo particular*". Las Interfaces Generales divorcian al usuario de la situación problemática, lo alejan del problema concreto a resolver. Una Interfaz Inteligente debe acercarlo a la realidad, debe contribuir a una mejor concepción de la situación problemática y de los procesos de toma de decisiones asociados a ella [5, 6, 7].

En los últimos años se han incrementado las investigaciones en el campo de las Interfaces Inteligentes abarcando diversos dominios de aplicación. El diseño de interfaces inteligentes hoy resulta indispensable y de gran importancia estratégica y práctica. Se han desarrollado importantes trabajos en la Educación, la Ingeniería, el Diseño por Computadoras, las Comunicaciones y la Telefonía Móvil. Entre ellos se destacan los trabajos de: Stevens, S. P. and S. W. Palocsay, 2004, Brusilovsky, P et al., 1998 [8, 9].

El desarrollo de Interfaces Inteligentes promueve un amplio interés por parte de los usuarios que poseen necesidades especiales. Numerosas guías metodológicas se han desarrollado para el diseño de Interfaces Inteligentes, sin embargo a pesar de ello nuevos desafíos aparecen continuamente en el desarrollo industrial, económico y social. En la literatura se destacan los autores: Boonchuan Ng, et al., 2010, Fujihara, Y y Murayama, Y., 2010, Matrai, R, Kosztyn, Z. T., 2010, Rosado da Cruz, M. and Faria, J. P., 2010 [10, 11, 12, 13].

Las Interfaces gráficas constituyen hoy un estándar. Los usuarios interpretan los elementos visuales de forma más rápida que los textos, además el trabajo sobre tales interfaces es más rápido, más fácil y eficiente [14, 15, 16, 17].

### **Diseño de Pruebas y Exámenes por Computadora**

Durante muchos años las computadoras han sido usadas para ayudar en la evaluación de pruebas y exámenes. Una forma de usar las computadoras para diseñar o construir exámenes se basa en la idea de usar grandes bancos de preguntas y problemas como se mencionó anteriormente. Se trata de diseñar Bancos de Preguntas y Problemas para toda la Educación Superior en cada disciplina. Ello implica la selección de las mejores preguntas y los mejores problemas. O sea, aquellos más eficientes y beneficiosos para el estudiante. Aquellos que estimulen su fantasía incrementen su espíritu de investigación científica y su deseo de estudiar. La implantación de tales tipos de Bancos permite evaluar la calidad y adecuación de cada pregunta en un contexto dado, así como la participación entusiasta de profesores y estudiantes en su diseño y perfeccionamiento paulatino. Ello permite determinar las preguntas ambiguas o que no hayan sido claramente formuladas, lo que posibilita su eliminación del Banco de Preguntas. Esto permite mejorar en general la calidad de las pruebas y exámenes mediante la inclusión en el banco de las mejores preguntas y problemas, así como la eliminación de las preguntas y problemas que no aporten al proceso de enseñanza y aprendizaje. En el presente trabajo se propone un sistema para la generación automática de problemas de optimización hipermedia a partir de los cuales es factible la generación automática de pruebas y exámenes en Internet. Ello constituye un aspecto novedoso en las disciplinas asociadas a la Modelación Matemática y la Informática Educativa.

### **Descomposición**

En la etapa de Formulación del Problema surge con frecuencia el problema de decidir si es necesario o no dividir el problema objeto de estudio en sub-problemas independientes o que se consideren independientes en determinado grado. El proceso de división lógica de un problema complejo en elementos (sub-problemas) independientes conduce a la obtención de una solución sub-óptima. Sin embargo, la desviación de esta solución con respecto a la solución óptima puede ser pequeña, o sea se tiende a minimizar la desviación, tratando de que la intersección de los sub-problemas seleccionados sea nula o significativamente pequeña.

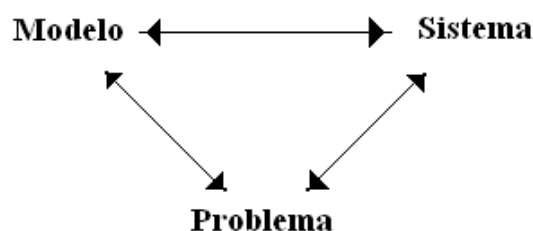
La idea de dividir problemas complejos en otros más pequeños y menos complejos es muy aceptada y practicada desde hace varios siglos en diversas ramas del saber. Por ejemplo, Descartes en su famoso libro "Reglas para el dominio de la mente o del ingenio", formula un conjunto de reglas para la resolución de problemas complejos que ha constituido un serio aporte, tanto desde el punto de vista teórico, como práctico. De acuerdo con lo anterior, resulta factible considerar que los modelos de sistemas reales se pueden descomponer de alguna forma. Varias preguntas se han

planteado ante los diseñadores en el proceso de resolución del problema de la descomposición, ellas son las siguientes:

1. ¿Qué sistema o problema se descompone?
2. ¿Cómo se descompone el sistema o problema?
3. ¿Se ha determinado el tipo de descomposición?
4. ¿Cómo se produce la recomposición del problema o del sistema?

Es fácil decir que el problema se descompone en subproblemas, sin embargo ¿cuál es el sentido de la descomposición en el entrenamiento, en la enseñanza y en el aprendizaje?

La descomposición de un problema en subproblemas, implícitamente asume que la recomposición tendrá que ocurrir en algún momento posterior. El hecho de que la recomposición está implícita, más que explícita, indica que no es un proceso obvio o evidente para el diseñador. La recomposición puede ocurrir implícitamente; esto es, que sea aceptado como criterio que mediante la determinación sucesiva de las soluciones dadas o encontradas para los diferentes subsistemas o subproblemas, el problema entero o total sea resuelto en su conjunto. El supuesto de que los subsistemas o subproblemas son sistemas o problemas independientes es solo una idealización de la realidad, puesto que en verdad, ello no ocurre en la inmensa mayoría de los casos. La descomposición racional del sistema o el problema en su conjunto en subsistemas o subproblemas implica la determinación de las relaciones e interacciones entre cada uno de ellos. Una forma de representar estas relaciones e interacciones es en forma de restricciones o limitaciones. Así, la idea o la concepción de la recomposición del sistema o del problema en su conjunto está en dependencia de la satisfacción o no de las restricciones o limitaciones impuestas durante el proceso de diseño del sistema y de la resolución del problema en su conjunto. Ver Figura 1.



**Figura 1.** Relación entre modelo, sistema y problema

Desde el punto de vista didáctico la composición y descomposición de problemas de optimización representa un gran reto, así como un elemento clave en el desarrollo de hábitos y habilidades en la modelación de sistemas complejos.

#### **Niveles de descripción sistémica**

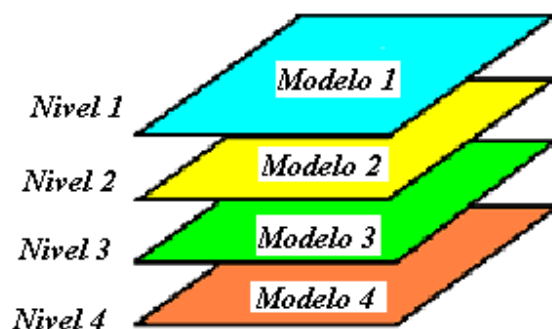
La formulación de un problema se puede expresar en términos de un sistema jerárquico multiniveles.

- Distribución vertical de las descripciones sistémicas (etapas).
- Prioridad de acción de las etapas superiores sobre las inferiores.
- Cierta dependencia de las etapas superiores con respecto a la selección de alternativas de decisión en las etapas inferiores. Cuando las alternativas no resultan adecuadas se utiliza la Retroalimentación.

En cada etapa de la descripción sistémica se dispone de un conjunto de concepciones, principios y términos inherentes a ella. Se produce un tránsito de lo general a lo particular (de lo abstracto a lo concreto) desde las etapas superiores a las inferiores. Así, cualquier elemento que se estudie en una etapa superior es producto de análisis más detallado en una etapa de descripción sistémica inferior. La comprensión del sistema aumenta a medida que se asciende de una etapa a otra y a su vez, mientras más se desciende, mayor grado de detalle (concreción) se encontrará. Se ha demostrado que el método de la composición – descomposición de sistemas y problemas permite incrementar la

## INTERFACES INTELIGENTES EN EL APRENDIZAJE DE LA MODELACIÓN

eficiencia en los procesos inherentes al diseño de sistemas y de resolución de problemas. Por ello, es recomendable dividir las diferentes situaciones problémicas que se presentan en subproblemas (divide y vencerás). A partir de esta idea, es posible dar una representación del sistema en forma de familia de modelos, tal y como la representada en la Figura 2. De esta forma el estudiante puede moverse de un nivel de representación a otro en la resolución del problema más general. El método planteado permite enriquecer el conocimiento, desarrollar el intelecto y la creatividad del estudiante, así, como dotarlo de una sólida concepción sistémica en el desarrollo de aplicaciones informáticas.



**Figura 2.** Familia de modelos para la representación del sistema

En otras palabras, para cada situación problémica el estudiante es orientado a descomponer y componer diferentes sistemas. Solo mediante el aprendizaje de los conceptos de saber aislar, descomponer y componer y la representación sistemas el estudiante será capaz de obtener una idea clara del proceso de resolución de problemas. El último aspecto es especialmente importante cuando el problema no consiste en el desarrollo de un modelo sencillo, sino cuando el problema necesita el desarrollo y el mantenimiento de una familia completa de modelos relacionados entre sí.

### **Concepción del sistema generador de enunciados de problemas de optimización hipermedia**

En los últimos años se han realizado ingentes esfuerzos en el desarrollo de nuevas tecnologías que permitan incrementar la eficiencia en el diseño de sistemas informáticos de alta complejidad. Una de estas tecnologías es el enfoque orientado a agentes. A pesar de que el presente trabajo no se basa en la tecnología orientada a agentes se ha trabajado con la intención de realizar posteriormente (cuando las condiciones técnicas lo permitan) un tránsito hacia esta tecnología que incremente sustancialmente la eficiencia del trabajo a desarrollar [18, 19].

El sistema Generador de Enunciados de Problemas de Optimización Hipermedia (GEHPOW), se destaca por la estructura modular del sistema. Incluye varios módulos y campos de acción bien definidos los cuales incluyen aquellos dominios donde es preciso transmitir conocimientos y entrenar estudiantes en problemas de optimización, lo cual se observa en la figura 3. El objetivo de GEHPOW es suministrar a los profesores y estudiantes una herramienta de software para el estudio de complejos procesos de toma de decisiones. El uso de la hipermedia y la simulación permite estudiar y confrontar situaciones problémicas complejas, cuyo costo o tiempo en condiciones reales serían prohibitivos. Los profesores y estudiantes pueden usar estos medios como ejemplo de situaciones reales que son mejores descritas mediante una amplia variedad de relaciones matemáticas. En relación con ello, GEHPOW posee un módulo denominado Editor Inteligente, en el cual los estudiantes son estimulados a cambiar las diferentes partes del modelo con el objetivo de incrementar y perfeccionar su conocimiento sobre los complejos procesos de toma de decisiones. La concepción de diseño desarrollada en GEHPOW promueve y estimula la filosofía del cambio en los diferentes parámetros y el análisis de diferentes alternativas de decisión.

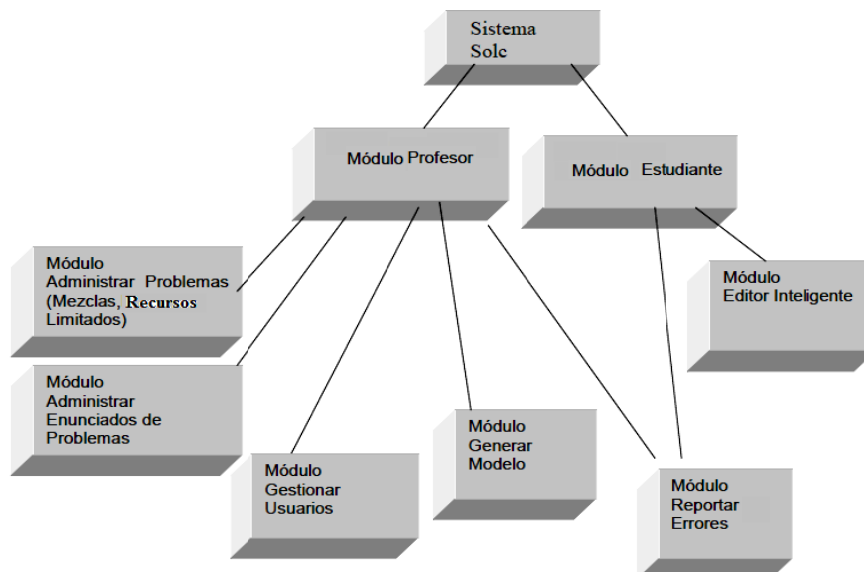


Figura 3. Esquema de la estructura de GEHPOW

### Módulo para Uso de los Profesores

El módulo profesor es un módulo auxiliar dentro de GEHPOW. En él los profesores pueden Administrar Problemas, Generar Enunciados de Problemas, con utilización de recursos de Hipermedia, así como generar el modelo de optimización de cualquier problema una vez que haya sido generado su enunciado. También permite ver los resultados obtenidos por los estudiantes en el proceso de modelación de los problemas de optimización y los errores que cometen en el diseño del modelo matemático.

#### Módulo Administrar Problemas

El módulo Administrar Problema le permite al profesor diseñar el problema, insertando todos los datos necesarios de un problema. También desde este módulo se puede eliminar un problema que se haya creado, así como actualizarlo o sea el sistema da la posibilidad para introducir nuevos datos o cambiar datos almacenados de un problema que anteriormente fue creado.

#### Módulo Administrar Enunciados de Problemas

El Módulo Generador de Enunciados de problemas permite al profesor generar enunciados hipermedia y eliminar los enunciados de los problemas. De acuerdo con lo antes expuesto, uno de los aspectos novedosos del sistema desarrollado es el tratamiento dado al enunciado de los problemas. Expresar los enunciados de los problemas como enunciados hipermedia, enriquece la comprensión y motivación del estudiante sobre los problemas planteados. Ello permite lograr una mejor representación del mundo real, que expone el enunciado del problema y contribuye de forma importante a disminuir el nivel de ambigüedad en los diferentes enunciados de problemas. La utilización de la tecnología multimedia permite ubicar al estudiante en el contexto (empresa, unidad de servicio, granja, etc) donde es necesario resolver determinado problema de optimización. El sistema permite acercar al estudiante a la situación real.

#### Módulo Gestionar Usuarios

El módulo de gestión de usuarios es manipulado por el profesor, su función es gestionar la información de los usuarios registrados en GEHPOW, ya sean profesores o estudiantes. En este módulo se puede registrar, modificar o eliminar usuarios del sistema.

### Módulo para Uso de los Estudiantes

El módulo estudiante, es un módulo auxiliar dentro de GEHPOW. En él los Estudiantes podrán ejercitarse en la modelación de problemas de optimización utilizando un Editor Inteligente desarrollado anteriormente, el cual permite comparar el modelo planteado por el estudiante contra el

## INTERFACES INTELIGENTES EN EL APRENDIZAJE DE LA MODELACIÓN

modelo desarrollado automáticamente por el sistema a partir de los datos introducidos anteriormente (*overlay model*). También permite que cada estudiante vea sus errores.

### Módulo Generar Modelo

El módulo Generar Modelo le permite al profesor conocer el modelo de optimización de un problema dado. El sistema es capaz de extraer los datos del problema y generar las restricciones clasificadas en:

Generales: que tienen que ver con la disponibilidad de cada materia prima

Demanda y Entrega: En caso que el problema las posea.

Requerimientos técnicos: Requisitos de cada producto final y además genera la función objetivo.

### Módulo Editor Inteligente

Es el módulo que usan los estudiantes para ejercitarse en la modelación de problemas de optimización. Está dividido en dos partes fundamentales, la Interfaz Gráfica y el Modelo Superpuesto (en inglés *overlay model*).

La interfaz Gráfica del Módulo Editor Inteligente se va encargar precisamente de la interacción del usuario con el sistema, estableciendo un diálogo con el Estudiante mediante el cual se precisan las características del problema objeto de estudio (materias primas, productos terminados, precio de venta de los productos, variables, restricciones, función objetivo). El modelo superpuesto no lo ve el usuario porque es la respuesta, o sea el modelo correcto y no puede ser visto por el estudiante. El Editor se encargará de buscar el problema que va a modelar el estudiante, modelarlo, comparar la solución dada por el estudiante con la generada automáticamente por el sistema. De no poder el estudiante realizar el modelo correctamente, el Editor le muestra la solución, va señalando y guardando los errores que el estudiante comete a la hora de realizar el modelo. Como un estímulo, al estudiante que modele correctamente el problema una vez concluida la modelación, el sistema le genera la solución óptima utilizando para ello el algoritmo del Método Simplex.

### Módulo Reportar Errores

El módulo Reportar Errores es manipulado tanto por el profesor como por el estudiante. Su objetivo es permitir visualizar los errores de un estudiante en un problema determinado, permitiéndoles tanto al estudiante como al profesor. Trazar una guía de estudio que facilite el mejoramiento en el aprendizaje de dicha disciplina. Estos errores son almacenados en la Base de Datos y pueden ser estudiados por los profesores.

A continuación se muestran algunas de los diagramas y figuras más importantes relacionadas con el sistema, que se aprecian en las figuras 4 y 5.

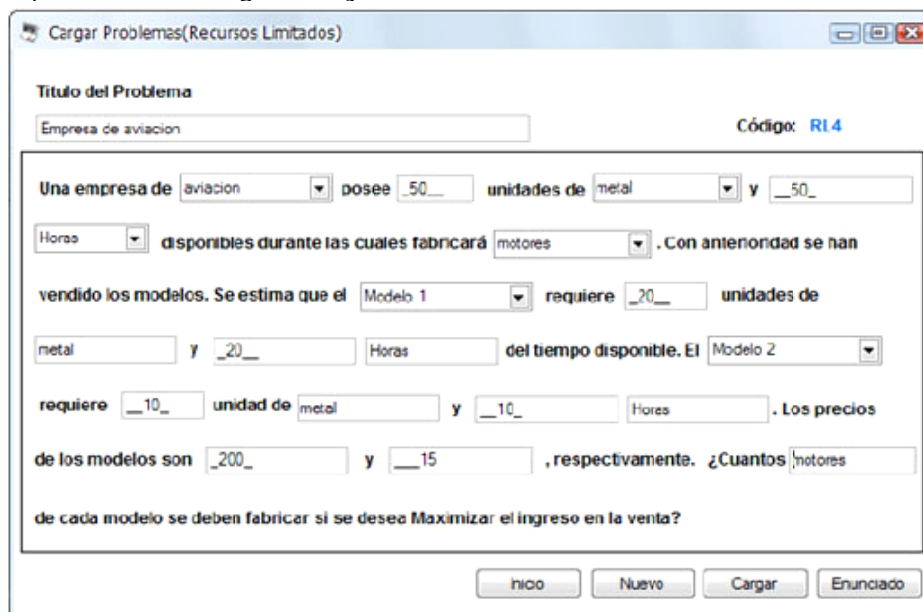
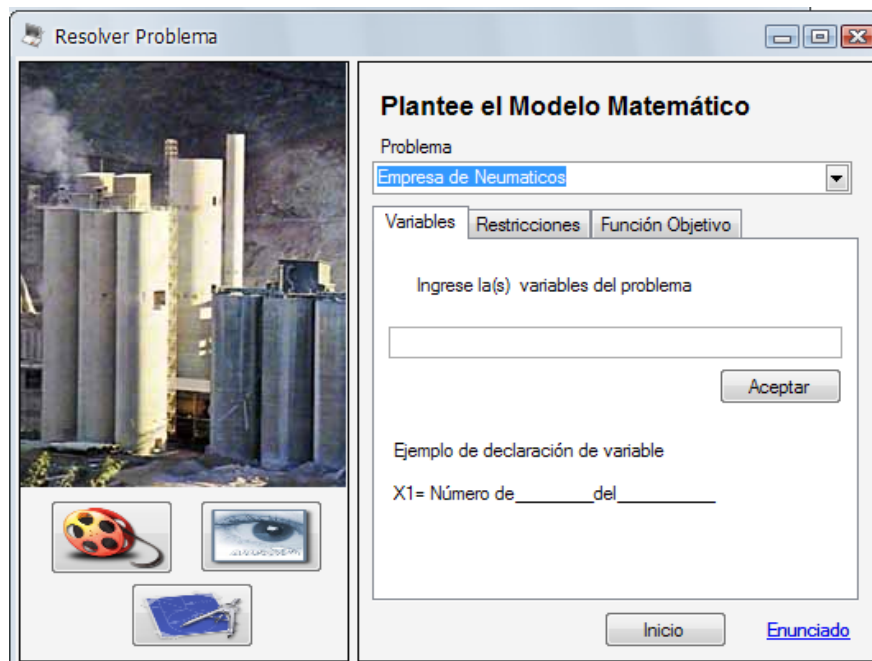


Figura 4. Interfaz que permite introducir los datos del problema (Recursos Limitados)





**Figura 5.** Interfaz para la modelación de problemas de optimización (Recursos Limitados) Laboratorio Virtual de Informática Educativa

Una aplicación exitosa del software Generador de Problemas de Optimización Hipermedia ha sido el desarrollo de un Laboratorio Virtual de Informática Educativa. La activa y entusiasta participación estudiantil en la utilización y perfeccionamiento del software desarrollado ha permitido la introducción de elementos novedosos aportados por los estudiantes. Esto permite la creación de un medio ambiente sistémico mediante el diseño e implantación de interfaces inteligentes. Se reducen los niveles de ambigüedad existentes en los enunciados de los problemas de optimización. Los estudiantes de Ingeniería Informática, conocen y comprenden las dificultades existentes en la enseñanza de la Modelación y experimentaron en carne propia los procesos asociados a la modelación de problemas de optimización, los errores que se cometen en la formulación de modelos de optimización y en la resolución de problemas, en múltiples ocasiones (según se ha podido comprobar y verificar) debido a una pobre comprensión de los enunciados de los problemas de optimización propuestos. Esta valiosa experiencia ha sido transmitida en los trabajos realizados en la asignatura de Informática Educativa. Ello ha hecho posible incrementar la comprensión de los problemas objeto de estudio, haciendo más tangible y accesible al estudiante la adquisición de conocimientos en la Modelación de situaciones problemáticas y Resolución de Problemas. Se selecciona de la disciplina de Informática Educativa permite verificar en la práctica las concepciones desarrolladas durante varios años por el grupo de investigación en **Informática Educativa de la Facultad de Ingeniería Informática**. Por ello, surgió la idea de diseñar y desarrollar un **laboratorio virtual para el diseño e implantación de interfaces inteligentes** en el campo de la Modelación Matemática. La realización del Laboratorio ha permitido por una parte, incrementar los conocimientos teóricos adquiridos por el estudiante en la disciplina de Investigación de Operaciones y por otra parte, perfeccionar sus habilidades en el desarrollo de software educativo de alto nivel a partir de los conocimientos obtenidos en las **Conferencias y Seminarios de Informática Educativa** y en su formación como **Ingenieros Informáticos**. Debido a ello, la realización del laboratorio contribuye de forma importante a la integración de los conocimientos, hábitos y habilidades desarrollados en el **Plan de Estudios de la carrera**. En el laboratorio, cada grupo de estudiantes tiene como objetivo el uso y diseño de diferentes módulos de un **Generador de Problemas Multimedia para la Enseñanza y el Aprendizaje** en la disciplina de Modelación. Se debe aclarar que el estudiante del 5to Año de Ingeniería Informática recibe durante su 4to. Año la disciplina de Investigación de Operaciones. Debido a ello, el estudiante posee conocimientos básicos asociados con el proceso de

## INTERFACES INTELIGENTES EN EL APRENDIZAJE DE LA MODELACIÓN

modelación de forma manual. En el plan de estudio vigente no se contemplan laboratorios de computación, ni el diseño y puesta a punto de programas de optimización por lo que las habilidades relacionadas con estas actividades no son desarrolladas convenientemente. Para los estudiantes resultó de sumo interés la participación directa en el diseño de un Generador de Problemas de Optimización. Durante el proceso de diseño utilizaron el Software desarrollado anteriormente con este fin. Ellos crearon, diseñaron e introdujeron en la computadora problemas de optimización, utilizando la Tecnología Multimedia con el objetivo de lograr una mejor comprensión de las situaciones problemáticas analizadas por parte de los estudiantes.

De acuerdo con las valoraciones y encuestas de opinión realizadas se constata que los estudiantes ampliaron su visión y mejoraron su formación en el campo de la Informática Educativa y la Modelación Matemática. Tuvieron oportunidad de llevar a la práctica los conocimientos adquiridos anteriormente en el Análisis y Diseño de Sistemas Informáticos. Desarrollaron novedosas ideas relacionadas con el Diseño e Implantación de Interfaces Inteligentes y el uso de la Tecnología Multimedia en el campo de la Educación. Se debe señalar que en el curso de Investigación de Operaciones actual los estudiantes solo confeccionaron el Modelo Matemático a partir de enunciados un conjunto de datos fijos, propuestos por los profesores. Sin embargo, en el Laboratorio Virtual, se obliga al estudiante a crear situaciones problemáticas a partir de enunciados que ellos deben **generalizar en las Interfaces Inteligentes** que desarrollan. El laboratorio permite realizar un tránsito desde un enunciado único, fijo, inmutable, a una familia de enunciados que el estudiante puede variar constantemente. Este constituye un elemento novedoso para el estudiante y resulta un importante estímulo para su desarrollo personal como **Ingeniero Informático**.

El **Laboratorio Virtual para Informática Educativa** es una herramienta para desarrollar en el estudiante el **pensamiento científico** haciendo hincapié en la utilización del **Enfoque Sistémico, el Análisis, la Síntesis, la Deducción y la Inducción** como métodos de investigación científica. La carrera de Ingeniería Informática afronta **insuficiencia** de una **sólida y eficaz interacción** entre las disciplinas desarrolladas en el **plan de estudios**. Ello evidencia la importancia de desarrollar el **pensamiento sistémico** en la **previsión, planificación, dirección y control** de la introducción de la computación en las diferentes asignaturas que conforman su plan de estudios. Se manifiesta la necesidad de **fijar profundamente los conocimientos** obtenidos en cada disciplina desarrollar el pensamiento sistémico de los estudiantes en la **selección racional** de los **métodos y técnicas de software** más adecuados en la resolución de diferentes tipos de problemas que surgen en la profesión. La experiencia obtenida durante los últimos tres cursos académicos muestra la factibilidad y conveniencia de la interrelacionar las disciplinas de Investigación de Operaciones e Informática Educativa. Ello aporta un novedoso elemento a la **política de introducción y aplicación de la computación en el plan de estudios de Ingeniería Informática**.

Mediante la utilización del Generador de Problemas los estudiantes han incrementado sus conocimientos:

1. En el diseño de interfaces inteligentes hombre-máquina lo que les ha permitido utilizar concientemente el método de la Inducción para encontrar las interfaces más adecuadas de acuerdo con el enunciado del problema propuesto;
2. En el diseño de retroalimentaciones educativas que permitan guiar y controlar sistemáticamente el trabajo del estudiante;
3. En la búsqueda, el análisis y comprensión de los errores cometidos por los estudiantes y la elaboración de recomendaciones para superarlos sistemáticamente;
4. En la comprensión del carácter sistémico de la modelación y la necesidad de estudiar múltiples variantes de decisión a partir de diversas situaciones problemáticas dadas;
5. En la verificación y validación del software desarrollado anteriormente;
6. En el rediseño y perfeccionamiento de algunos módulos del software e interfaces hombre-máquina;
7. En la utilización de la Tecnología Multimedia con el objetivo de reducir los niveles de ambigüedad existentes en los enunciados de los problemas de optimización, mediante la selección de textos, imágenes, video, y audio relacionados íntimamente con el contenido de cada problema de optimización analizado, que contribuyan por una parte a incrementar la comprensión sobre la

situaciones problemáticas analizadas y por otra a ampliar y enriquecer la formación pedagógica y científico-profesional del estudiante.

### Encuesta para la evaluación del Sistema

Para la evaluación del Software se utilizó la metodología del Consorcio para la Evaluación del *Software* Educativo de la reconocida Asociación para las Maquinas Computadoras (ACM). Por ello, el *programa* desarrollado cumple los requerimientos establecidos internacionalmente. Con el objetivo de validar y verificar el efecto obtenido mediante la introducción del sistema en los estudiantes se realizó una encuesta a todos los diplomantes y estudiantes participantes en el desarrollo de los proyectos desarrollados. La encuesta se fundamenta en las orientaciones dadas por la Asociación para las maquinas computadoras (ACM). A partir de la experiencia acumulada se estableció la escala de evaluación siguiente: Excelente (5), Bien (4), Regular (3), Mal (2), Pésimo (1). Se diseñaron 14 preguntas que fueron formuladas a los estudiantes participantes en los proyectos y a los diplomantes. Los resultados obtenidos se muestran a continuación en la Tabla 1.

**Tabla 1.** Encuesta sobre la calidad del software desarrollado

Preguntas	Calificación promedio
1- ¿Cuan amigable le resulta la interfaz que brinda la aplicación?	4
2- ¿Cómo valora el sistema en cuanto a la necesidad de conocimientos previos para su uso?	3
3- ¿Cómo valora el empleo de los medios (imágenes, sonidos, gráficos y otros) en la aplicación?	3
4- ¿Cómo valora el grado de respuesta de la aplicación ante la acción del usuario?	4
5- ¿Cómo valora los requerimientos de hardware necesarios para la ejecución correcta de la aplicación?	3
6- ¿En su opinión cómo es la visibilidad de la aplicación desde varios navegadores?	4
7- ¿Cómo satisface la ayuda brindada por el sitio el aprendizaje del sistema?	3
8- ¿Cómo la estrategia de aprendizaje del sistema, incentiva la motivación?	5
9- ¿De qué forma quedan los objetivos por temas o unidades de aprendizaje especificados en la aplicación?	4
10- ¿Cómo usted clasifica el nivel de actualización de los contenidos en la aplicación?	5
11- ¿Cómo califica al sistema en relación con las facilidades que brinda al estudiante para construir el conocimiento?	4
12- ¿Valore los métodos de evaluación como complemento a un aprendizaje efectivo?	2
13- ¿Cómo valora la evacuación otorgada por el sistema en dependencia de su desempeño?	5
14- ¿Que usted cree de la posibilidad que brinda el sistema para contactar con los usuarios de la aplicación?	4

## INTERFACES INTELIGENTES EN EL APRENDIZAJE DE LA MODELACIÓN

La clasificación promedio que parece en la tabla es el promedio que resulto del total de las encuestas realizadas para cada pregunta.

La figura 6 muestra los resultados de la encuesta.

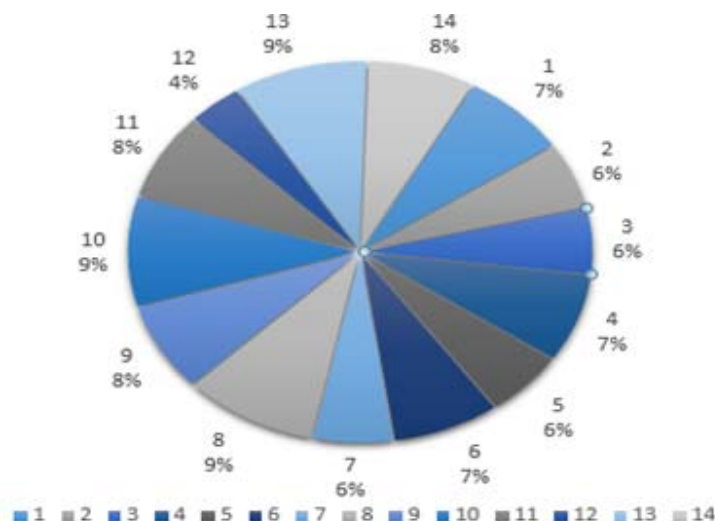


Figura 6. Resultados de la encuesta

## II. RESULTADOS

Mediante la utilización del Generador de Problemas los estudiantes han incrementado sus conocimientos en:

1. El diseño de interfaces inteligentes hombre-máquina lo que les ha permitido utilizar conscientemente el método de la Inducción para encontrar las interfaces más adecuadas de acuerdo con el enunciado del problema propuesto;
2. El diseño de retroalimentaciones educativas que permitan guiar y controlar sistemáticamente el trabajo del estudiante;
3. La búsqueda, el análisis y comprensión de los errores cometidos por los estudiantes y la elaboración de recomendaciones para superarlos sistemáticamente. Nota: Inicialmente se realizó un análisis de los exámenes realizados durante varios años y como resultado del análisis realizado se estableció el conjunto de errores más frecuentes en que incurrieran los estudiantes. Este ha sido la fuente de referencia que utiliza el software, además se desarrolló un procedimiento que permite incluir nuevos errores al sistema en caso de que estos se produjeran en el futuro;
4. La comprensión del carácter sistémico de la modelación y la necesidad de estudiar múltiples variantes de decisión a partir de diversas situaciones problemáticas dadas; ello influye significativamente en el nivel de creatividad de los estudiantes;
5. La verificación y validación del software desarrollado anteriormente;
6. El rediseño y perfeccionamiento de algunos módulos del software e interfaces hombre-máquina;
7. la utilización de la Tecnología Multimedia con el objetivo de reducir los niveles de ambigüedad existentes en los enunciados de los problemas de optimización, mediante la selección de textos, imágenes, video, y audio relacionados íntimamente con el contenido de cada problema de optimización analizado, que contribuyan por una parte a incrementar la comprensión sobre la situaciones problemáticas analizadas y por otra a ampliar y enriquecer la formación pedagógica y científico-profesional del estudiante; ello fortalece el principio pedagógico de la relación con la vida.

Hasta el momento, varias decenas de estudiantes de los años 4to y 5to de la Facultad de Ingeniería Informática se han beneficiado, tanto de las experiencias obtenidas en el Laboratorio Virtual para la Informática Educativa como en la utilización del software para el diseño de interfaces inteligentes. El Laboratorio Virtual ha sido desarrollo durante 5 cursos en la Facultad de Ingeniería Informática. El software para el diseño de interfaces inteligentes ha sido aplicado en la Maestría de Informática Aplicada que se desarrolla actualmente en la República Bolivariana de Venezuela. Se han desarrollado 6 tesis de diploma, en la Facultad de Ingeniería Informática, que han permitido mejorar significativamente la concepción y el *software*. Se ha trabajado sistemáticamente desde el año 2008 en el desarrollo y aplicación del software para el diseño de interfaces inteligentes. En el curso 2011 – 2012 se desarrollaron exitosamente 12 proyectos en la Facultad de Ingeniería Informática. Estos proyectos, en general, se desarrollaron utilizando el lenguaje Java. Se plantearon problemas de mayor complejidad sobre objetos industriales, tales como: Refinería de Petróleo, Industria Textil, Problemas de Mezcla, Problemas de Transporte con puntos intermedios, Industria Mecánica, Industria de producción de muebles, Industria Azucarera y otros. La experiencia permitió mejorar las habilidades de los alumnos en el diseño de modelos matemáticos de optimización. El *software* desarrollado fue inscrito y posee certificación de depósito legal facultativo de obras protegidas en CENDA, con registro 1666 – 2010.

#### IV. DISCUSIÓN

El presente artículo es una demostración clara de la utilización del principio del enfoque sistémico en el proceso de enseñanza y aprendizaje asociado a la Modelación Matemática. La aplicación desarrollada está íntimamente vinculada con la Informática Educativa, la Modelación Matemática, la Inteligencia Artificial y la Tecnología Multimedia. El tema de las Interfaces Inteligentes es un tema de gran actualidad. Está asociado íntimamente con la Inteligencia Artificial.

En el presente trabajo existen relaciones con las aplicaciones de las Interfaces Inteligentes en la Educación, en específico en la enseñanza y el aprendizaje por computadora de la Modelación Matemática. Los resultados obtenidos son aplicables a otras asignaturas que sea necesario resolver problemas estructurados y no estructurados tales como: Física, Química, Biología y otras en las que se utilicen métodos y modelos de optimización. Los resultados obtenidos mediante la aplicación del sistema generador de enunciados hipermedia, fueron evaluados de buenos. Se demuestran las posibilidades de generalización a otras disciplinas y carreras. El sistema permite incrementar la eficiencia de alumnos y profesores en su trabajo académico y científico. Existen diversas formas de utilización de las Interfaces Inteligentes en la Educación. Por ejemplo, los profesores pueden utilizar la herramienta de *software* desarrollada para diseñar problemas de optimización, u otros tipos de problemas en los que se planteen enunciados y sea necesaria la formulación de nuevos problemas.

La concepción desarrollada en el presente trabajo se orienta hacia la generación de situaciones problema algoritmo del Método Simplex, no de problemas únicos. Por ello, se da al profesor y a los alumnos que utilizan la herramienta una visión sistémica de la Resolución de Problemas. Este es un aspecto muy poco tratado en la bibliografía científica y técnica actual. Ello representa sin lugar a dudas un aporte teórico que puede ser ampliado posteriormente.

Para los estudiantes el desarrollo de la herramienta ha permitido incrementar sus conocimientos de Modelación Matemática y comprender de una forma más clara y amena las situaciones problemáticas que se pueden producir en diversos objetos y procesos productivos de diversa índole. Los resultados obtenidos satisfacen los objetivos planteados en el trabajo y garantizan el incremento de la eficiencia del proceso de enseñanza y aprendizaje tanto para profesores como para estudiantes.

Se realizaron dos tipos de evaluación. Primeramente, se evaluó la calidad del *software* desarrollado de acuerdo con los criterios de evaluación para aplicaciones en el campo de la Educación establecidos por la ACM. En segundo lugar se realizaron encuestas a los estudiantes participantes en los proyectos y en los diplomas que se han desarrollado en los últimos años. Se han desarrollado 7 diplomas y más de 100 proyectos asociados con el tema objeto de estudio. Los resultados obtenidos en las encuestas realizadas se corresponden con los resultados obtenidos internacionalmente en la aplicación de sistemas análogos al propuesto. El trabajo desarrollado es una novedad tanto desde el punto de vista académico, como científico.

### V. CONCLUSIONES

- El desarrollo de un software para la Generación de Problemas de Optimización Hipermedia ha sido exitoso en las condiciones concretas de la Facultad de Ingeniería Informática de la CUJAE.
- En el software desarrollado se utilizan novedosas tecnologías para el diseño de interfaces inteligentes y se utiliza la tecnología multimedia con el objetivo de reducir la ambigüedad existente en los enunciados de los problemas de optimización.
- El desarrollo del Laboratorio Virtual de Informática Educativa ha contribuido de forma significativa al perfeccionamiento de la enseñanza y el aprendizaje de la Modelación Matemática, así como al perfeccionamiento de la base material de estudio de la disciplina en la Carrera de Ingeniería Informática. Ello contribuye de forma significativa a incrementar el conocimiento de los estudiantes, así como al desarrollo de hábitos y habilidades en el campo de la Resolución de Problemas de Optimización y de la Informática Educativa.
- Su aplicación práctica manifiesta la necesidad e importancia de contar con una herramienta (Generador de Enunciados para Problemas de Optimización Hipermedia) que brinde ventajas tanto a profesores como a estudiantes en la Asignatura de Investigación de Operaciones.
- El desarrollo del Generador de Enunciados de Problemas de Optimización utilizando la tecnología Multimedia y un Editor Inteligente constituye un aporte novedoso en el campo de la Informática Educativa y de la Modelación Matemática.
- Al usar el sistema y desarrollar elementos importantes asociados a su diseño modular el estudiante puede: analizar diferentes situaciones problemáticas, tomar conciencia de los elementos que pueden cambiar con respecto al tiempo. Le permite seguir paso a paso el proceso de modelación de problemas de optimización y el análisis de múltiples alternativas de decisión, lo que permite incrementar su nivel de creatividad.
- El sistema posee capacidad de explicación a partir de los errores cometidos por el estudiante.

### VI. REFERENCIAS

1. Ackoff. Scientific method. USA: Academic Press; 1962. ISBN 9780471002970.
2. Wagner HM. Principles of operations research: with applications to managerial decisions. Michigan: Prentice Hall; 1975. ISBN 9780137095926.
3. Frye D, Soloway E. Interface Design: A Neglected Issue in Educational Software. Human Factors in Computing Systems and Graphics Interface. Toronto, Canada: CHI + GI; 1987.
4. Neches Real, editor Intelligence Interfaces. Human Factors in Computing Systems and Graphics Interface; 1987; Toronto, Canada: CHI + GI; 1987.
5. Garay Garcell MA, Delfin A. Interfaces Inteligentes para la generación de problemas de optimización en Internet. In: XIV Convención y Feria Internacional Informática; La Habana: CITMATEL; 2011.
6. Garay Garcell MA, et al. Identifying and Solving Optimization Problems on Internet. Transactions of the TSTU. 2008;14(2). ISSN 0136 – 5835.
7. Garay Garcell MA, et al. Conception, design and developing an Intelligent Editor for Model-building Process. Transactions of the TSTU. 2008; 14(2). ISSN 0136 – 5835.
8. Brusilovsky P, Eklund J, Schwarz E. Web-based Education for all: a Tool for the Development of Adaptive Courseware. In: Seventh International World Wide Web Conference; Computer Networks and ISDN Systems; 1998.
9. Stevens SP, Palocsay SW. INFORMS Transactions on Education. A Translation Approach to Teaching Linear Program Formulation. 2004;3(4). ISSN 1532-0545.
10. Boonchuan N, et al. Graphical User Interface for Pon Network Management System: User Interfaces; 2010. En: User Interfaces. Viena: InTech; 2010. ISBN 978-953-307-084-1.
11. Fujihara Y, Murayama Y. Automatic Generation of User Interface Models and Prototypes from Domain and Use Case Models. En: User Interfaces. Viena: InTech; 2010. ISBN 978-953-307-084-1
12. Matrai R, Kosztian ZT. Navigation Strategies in Case of Different Kind of User Interfaces: User Interfaces; 2010. En: User Interfaces. Viena: InTech; 2010. ISBN 978-953-307-084-1

## **M. GARAY-GARCELL**

13. Rosado da Cruz M, Pascoal Faria J. Considering the Importance of User Profiles in Interface Design. En: User Interfaces. Viena: InTech; 2010. ISBN 978-953-307-084-1
14. Bargas-Avila JA, et al. Simple but crucial User Interfaces in the WWW: Introducing 20 Guidelines for Usable Web Form Design. En: User Interfaces. Viena: InTech; 2010. ISBN 978-953-307-084-1.
15. Liu Y, Osvalder AL, Karlsson MA. Considering the importance of User Profiles in Interface Design. En: User interface. Viena: InTech; 2010. ISBN 978-953-307-084-1.
16. Misra H. User Interface for Automatic Service Composition. En: User Interfaces. Viena: InTech; 2010. ISBN 978-953-307-084-1.
17. Paik I. User Interface for Automatic Service Composition. En: User Interfaces. Viena: InTech; 2010. ISBN 978-953-307-084-1.
18. Dibley M J, Li H, Miles J, C.et al. Towards intelligent agent based software for building related decision support. Advanced Engineering Informatics Journal. 2011;2(25). ISSN 1474-0346.
19. Reid H, Walker RJ. Systematizing Pragmatic Software Reuse. ACM Transactions on Software Engineering and Methodology. 2012;4(21). ISSN 1557-7392.