

# ESTUDIO DE LA APLICACIÓN DE HERRAMIENTAS COMPUTACIONALES EN EL DESARROLLO DE COMPETENCIAS EN EL CÁLCULO DE ESTRUCTURAS

Leonardo Emiro Contreras Bravo <sup>1</sup>

Luis Fernando Vargas Tamayo <sup>2</sup>

Julián Alfonso Tristancho Ortiz <sup>3</sup>

## Resumen

En el presente trabajo se ilustra la importancia del uso de las herramientas computacionales en el proceso de enseñanza-aprendizaje a nivel universitario, el cual actualmente se ha enfocado en una recopilación, almacenamiento y posible divulgación de información.

El objetivo de este artículo es explorar la posibilidad de generar en el estudiante universitario nuevas competencias que faciliten al egresado su actuar profesional a través de la utilización de los métodos computacionales y especialmente el desarrollo de aplicativos que faciliten el cálculo de estructuras metálicas a ingenieros civiles, mecánicos y afines. De esta manera potencializar la comprensión y apropiación de las competencias específicas.

**Palabras clave:** Competencias, herramientas computacionales, ingeniería civil

*Fecha de recepción: Marzo 26 de 2012*

*Fecha de aprobación: Mayo 14 de 2012*

- 
- 1 Magíster en Ingeniería – Materiales y procesos, Ingeniero Mecánico, Docente de planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Grupo de investigación DIMSI (Diseño Modelamiento y simulación), lecontrerasb@udistrital.edu.co
  - 2 Magíster en Ingeniería – Materiales y procesos, Ingeniero Mecánico, Docente de planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Grupo de investigación DIMSI (Diseño Modelamiento y simulación), lfvargast@udistrital.edu.co
  - 3 Magister en Ingeniería electrónica y de computadores, Ingeniero Mecánico, Docente de planta Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Grupo de investigación DIMSI (Diseño Modelamiento y simulación), jatristanchoo@udistrital.edu.co

## STUDY ON THE APPLICATION OF COMPUTATIONAL TOOLS IN THE DEVELOPMENT OF SKILLS FOR CALCULATION OF STRUCTURES

### Abstract

This paper illustrates the importance of using computer tools in the teaching-learning process at university level which is currently focused on a compilation, storage and possible dissemination of information. The purpose of this paper is to explore the possibility of generating new competences in the university students to facilitate professional performance through the use of computational methods and especially the development of applications to facilitate to civil and mechanic engineers, as well as to professionals in related fields, the calculation of steel structures. Thus, the understanding and appropriation of specific competences can be strengthened.

**Keywords:** Competences, Computer tools, Civil Engineering

## ESTUDO DA APLICAÇÃO DE FERRAMENTAS COMPUTACIONAIS NO DESENVOLVIMENTO DE COMPETÊNCIAS NO CÁLCULO DE ESTRUTURAS

### Resumo

O presente trabalho, que ilustra a importância do uso das ferramentas computacionais no processo ensino-aprendizagem em nível universitário, atualmente vem se focando na recopilación, armazenamento e possível divulgação de informação.

A finalidade deste artigo é explorar a possibilidade de serem geradas, no aluno universitário, novas competências que facilitem o exercício profissional do graduado através da utilização dos métodos computacionais e, especialmente, o desenvolvimento de aplicativos que facilitem o cálculo de estruturas metálicas a engenheiros civis, mecânicos e afins, desta forma potencializando a compreensão e apropriação das competências específicas.

**Palavras-Chave:** Competências, Ferramentas computacionais, Engenharia Civil.

## Introducción

El presente trabajo nace de una inquietud frecuente en los docentes encargados de impartir las asignaturas de resistencia de materiales o mecánica de materiales, según es llamada en los currículos universitarios tradicionales de las carreras de ingeniería mecánica, industrial y afines. La práctica de la docencia en este campo del conocimiento ha demostrado que al estudiante le faltan recursos audiovisuales y en especial informáticos de aula para lograr la total comprensión de los fenómenos.

Reconociendo que industrialmente este ejercicio se lleva a cabo de una manera mucho más ágil y que se soporta sobre el poder de cálculo de un computador, se reconoce la necesidad de integrar esta herramienta informática a la pedagogía de aula con el propósito de facilitar procesos de pensamiento encaminados al análisis de fenómenos y no reiterar el conducto habitual de repetición de procedimientos preestablecidos.

Los profesores e investigadores tenemos la tarea de desarrollar e implementar nuevas técnicas didácticas y docentes para la enseñanza de la ingeniería (Ruiz, D., Uribe, E. J. & Phillips, C. 2005), que logren una adecuada motivación, teniendo en cuenta los cambios que están ocurriendo en el mundo, tales como: avances tecnológicos, globalización, etc. La educación para el nuevo siglo no debe centrarse únicamente en la transmisión del conocimiento, sino también, en proporcionar herramientas para que los estudiantes construyan su propio aprendizaje (Ruiz et al. 2005).

El grupo de investigación DIMSI, perteneciente a la Facultad de ingeniería – Proyecto curricular de ingeniería industrial, ha venido desarrollando una serie de *software* con el fin de mejorar la gestión

académica, el aprendizaje y la formación académica e investigativa de los futuros ingenieros.

La ayuda informática puede utilizarse con múltiples propósitos, en especial cuando se enfoca a sustituir tareas repetitivas e iterativas como la solución de fórmulas y sus cálculos matemáticos respectivos (Brent, 1996). Nuestra intención se centra en despertar interés en la exploración de posibilidades pedagógicas soportadas por computador que apunten al desarrollo de competencias de pensamiento y raciocinio, de análisis de fenómenos y de predicción de comportamientos útiles en futuros desarrollos profesionales, y que no centren las consabidas habilidades memorísticas y procedimentales que frecuentemente premian al que de mejor manera recuerde las instrucciones así no comprenda el fenómeno estudiado.

## Método

Para nuestro estudio fue fundamental la experiencia recogida como estudiantes de diversos programas profesionales de ingeniería en el pasado, y también la adquirida como docentes en la actualidad, la interacción con estudiantes a niveles en los que se cuestiona no solamente los conocimientos transmitidos, sino que se indaga la habilidad para poner en situación real lo aprendido, buscando siempre el “saber hacer”, y no solo el “saber” (Hernández, 2007).

En el transcurso de cuatro periodos académicos semestrales consecutivos se recopilieron impresiones, resultados, anécdotas y comentarios del grupo de estudiantes y del cuerpo docente que tuvieron la posibilidad de alternar las metodologías tradicionales y la implementación de la herramienta informática en mención. De esta observación se extractó información valiosa

sobre la aplicabilidad y potencialidad de dicha implementación.

El referente conceptual al que se acudió para lograr la comprensión del paralelo propuesto se aclara a continuación:

#### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA TRADICIONAL**

Como podemos inferir, esta dinámica de clase premia la habilidad memorística recordando ecuaciones y la habilidad matemática en su solución. Olvidando o por lo menos relegando a un segundo plano las conclusiones conceptuales sobre el fenómeno en estudio al que pudiera llegar el estudiante, es decir no relaciona la solución encontrada con un caso de la vida práctica ingenieril, en el cual puede ser necesario elegir un material con menor diámetro, aumentar la carga, variar la sección transversal a cuadrada, rectangular, etc. o por ejemplo incrementar la longitud de la pieza. En ese caso el problema vuelve a “cero” donde el estudiante necesitará una nueva solución matemática (repetición) para poder hacer las predicciones de comportamiento a que haya lugar (Fernández, Suárez, & Álvarez, 2006).

Lo anteriormente expuesto ha sido analizado por múltiples investigadores en enseñanza. Según Hernández (2007), “El problema es que se da con frecuencia el caso de que muchos estudiantes repiten los lenguajes científicos sin comprenderlos y la fuerza de esos lenguajes, que debieran ampliar la mirada, se vuelve contra quienes sólo pueden memorizarlos como cosa ajena para aplicarlos en el campo de las tareas escolares sin establecer conexiones entre su experiencia vital y los contenidos de las ciencias. Si se concibe la enseñanza como transmisión de conocimientos, si se busca transmitir el máximo posible de contenidos y se estimula principalmente el

ejercicio de la memoria, es muy posible que las ciencias de la escuela se reduzcan a un elenco de nombres, fechas, lugares, taxonomías, números, fórmulas para rellenar con números o letras y procedimientos mecánicos”.

La Organización de Estados Iberoamericanos con su programa “Para la Educación, la Ciencia y la Cultura”, ha recopilado experiencias docentes de diversos lugares del mundo donde se evidencia esta problemática en la tendencia de enseñanza, en la cual se ha detectado que “Un mínimo análisis de la práctica docente habitual muestra, sin embargo, que los ‘problemas’ son explicados como algo que se sabe hacer, como algo cuya solución se conoce y que no genera dudas ni exige tentativas: el profesor conoce la situación -para él no es un problema- y la explica linealmente, ‘con toda claridad’; consecuentemente, los alumnos pueden aprender dicha solución y repetirla ante situaciones idénticas, pero no aprenden a abordar un verdadero problema y cualquier pequeño cambio les supone dificultades insuperables provocando el abandono” (Gil & Guzmán, 2009)

#### **APLICACIÓN DE LAS TIC EN LA DOCENCIA UNIVERSITARIA**

Las TIC son un conjunto de procesos y productos derivados de las nuevas herramientas (*hardware* y *software*), soportes de la información y canales de comunicación, relacionada con el almacenamiento, procesamiento y transmisión digitalizados de la información de forma rápida y en grandes cantidades (González, et al., 1996). Siguiendo a Cabero (1996), los rasgos distintivos de estas tecnologías hacen referencia a la inmaterialidad, interactividad, instantaneidad, innovación, elevados parámetros de calidad de imagen y sonido, digitalización, influencia más sobre los procesos que sobre los productos, automatización, interconexión y diversidad.

La innovación tecnológica en materia de TIC ha permitido la creación de nuevos entornos comunicativos y expresivos que abren la posibilidad de desarrollar nuevas experiencias formativas, expresivas y educativas, posibilitando la realización de diferentes actividades no imaginables hasta hace poco tiempo.

Las nuevas TIC están promoviendo una nueva visión del conocimiento y del aprendizaje (Bartolomé, 1997), afectando a los roles desempeñados por las instituciones y los participantes en el proceso de enseñanza-aprendizaje, a la dinámica de creación y disseminación del conocimiento y a muchas de las prioridades de las actuales inquietudes curriculares.

El empleo de las TIC en la formación de la enseñanza superior aporta múltiples ventajas en la mejora de la calidad docente, materializadas en aspectos tales como el acceso desde áreas remotas, la flexibilidad en tiempo y espacio para el desarrollo de las actividades de enseñanza-aprendizaje o la posibilidad de interactuar con la información por parte de los diferentes agentes que intervienen en dichas actividades.

Con la incorporación de las TIC, el proceso de aprendizaje universitario deja de ser una mera recepción y memorización de datos recibidos en la clase, pasando a requerir una permanente búsqueda, análisis y re elaboración de informaciones obtenidas en la red. De este modo, el estudiante deja de ser sólo un procesador activo de información, convirtiéndose en un constructor significativo de la misma, en función de su experiencia y conocimientos previos, de las actitudes y creencias que tenga, de su implicación directa en el aprendizaje, y de que persiga el desarrollo de procesos y capacidades mentales de niveles superiores (Mayer, 2000).

La aplicación de las TIC motiva a los alumnos y capta su atención, convirtiéndose en uno de los motores del aprendizaje ya que incita a la actividad y al pensamiento. Al estar más motivados, los estudiantes dedican más tiempo a trabajar y aprenden más, puesto que están permanentemente activos al interactuar con el ordenador y entre ellos mismos a distancia, toda vez que les exige mantener un alto grado de implicación en el trabajo. En definitiva, la versatilidad e interactividad del ordenador, la posibilidad de “dialogar” con él y el gran volumen de información disponible en Internet les atrae y mantiene su atención (Fernández et al., 2006).

#### **METODOLOGÍA DE ENSEÑANZA MEDIADA POR TIC - SOFTWARE**

El volumen de información al cual está sometida la sociedad en general, hoy en día, hace que el rol de docente se vea abocado a diversas evoluciones graduales o radicales interviniendo en sus prácticas educativas (González, 2007). No obstante, esa transición en cambios y adaptaciones a estos flujos abismales de información, implican que el docente también considere el rol no sólo de transmisor de conocimiento, sino además de facilitadores de aprendizaje; es decir, de una acción planificadora sopesada en tecnologías de la comunicación que aporte a sus actividades en busca del alcance de los objetivos educativos (Pellón, Mansilla & San Martín, 2009).

Dentro de la abrumadora variedad y cantidad de recursos TIC que se poseen, referentes a la enseñanza en la ingeniería, se reconoce que el *software* tiene una característica de mayor impacto que muchos otros (Acevedo, 2009), en el aula se ve que la capacidad que tiene el estudiante de interactuar directamente con el recurso, sometiéndolo a retos o problemas de interés personal, donde los límites de la com-

preensión del fenómeno estudiando se pueden poner a prueba cuantas veces queramos y con esfuerzo repetitivo calculista reducido, hace que la comprensión se potencialice.

Adicionalmente, la posibilidad de utilizar en la discusión *software* propio abre, en la mente del estudiante, un camino nuevo de desarrollo, donde no se requiere por obligación un recurso informático comercial, sino por el contrario lo constituye en arquitecto de sus necesidades de aplicativos propios y gestor de las herramientas computacionales de su comprensión, de su autoría y por ende en la que puede confiar, ya que conoce su fundamento matemático (Martínez, et al. 2011).

Es claro que no se debe quebrar la estrecha relación que existe entre el cuerpo de cálculo, el fundamento físico-matemático, la resolución de ecuaciones por un lado y la solución final y práctica del problema por otro; en otras palabras, no se puede sustituir el proceso de resolución desde la ciencia por un mecanicismo sin razonamiento en el computador (Hinostroza, Labbé, Brun & Matamala, 2011). Por lo mismo se complementa

el procedimiento de apropiación de la solución de problemáticas con el uso del *software*, siendo este un recurso, una herramienta; no el objeto de aprendizaje en sí.

### SOFTWARE DE CÁLCULO DE CERCHAS - IIUD. DIMSI.CERCHAS

La cercha es una de las principales estructuras usadas en ingeniería. Estas estructuras son el corazón de sistemas tan simples como anclaje de techos, pero también para estructuras complejas en edificaciones y puentes (ver Fig 1). La mecánica aplicada y la estática son la base usada para el diseño de estos componentes. Dentro del plan académico de Ingeniería Industrial en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, ofrece el curso de Mecánica Aplicada. En este curso es necesario abordar temas de estática, dinámica y resistencia de materiales, lo cual conlleva a una cantidad de tema muy importante.

Existen métodos sistemáticos para el dimensionamiento de este tipo de estructuras, esencialmente se pueden nombrar dos métodos: método del elemento y método de los nodos.

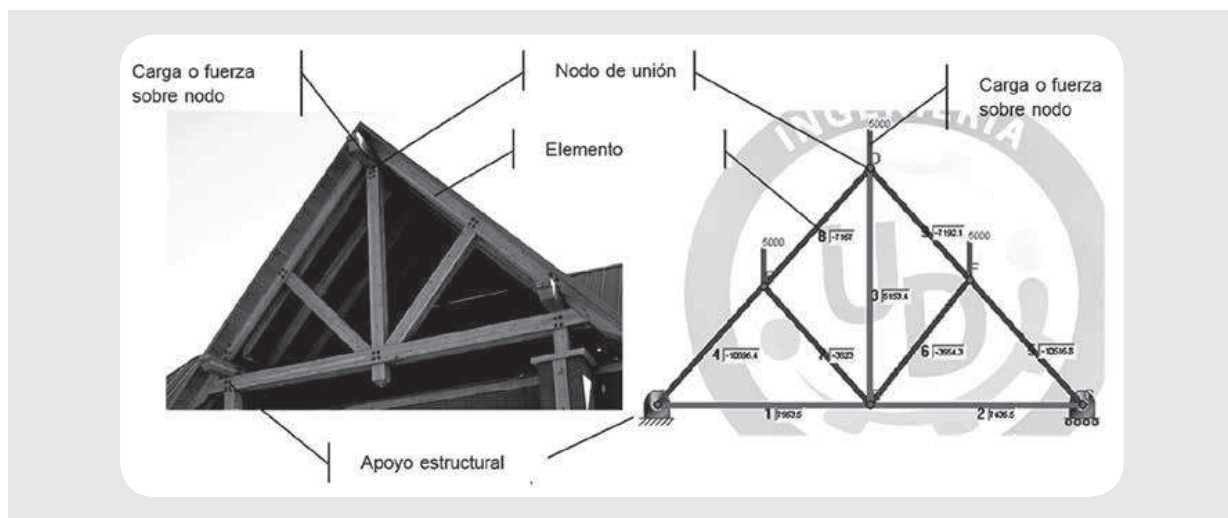


Figura 1: Partes principales de una cercha y representación esquemática (Fotografía tomada de Timberwork, Inc, EE.UU).



El objetivo que se sigue en la mayoría de los cursos universitarios es la memorización de alguno de estos procedimientos y orientar al estudiante a solucionar problemas tipo, sin profundizar en los resultados obtenidos, ni en la geometría y sus variantes que implicaciones tendría sobre la estructura analizada.

El apropiamiento adecuado de este tipo de problemas, se debe orientar es más al análisis de estructuras, con lo cual el estudiante pueda hacer variaciones a una estructura base. Con este método es más factible que el estudiante pueda determinar la distribución de cargas dentro de la estructura y como con pequeñas variaciones de la geometría conlleva a importantes cambios sobre la distribución de cargas.

El método de los nodos, para la solución de estructuras tipo cerchas, está basado en la estática que determina que si cada nodo de una estructura esta en equilibrio la sumatoria de las fuerzas debe ser igual a cero y cada elemento debido a

la tercera ley de Newton realiza una acción en carga igual en los nodos de anclaje.

Con esta premisa se forma un sistema de ecuaciones por cada nodo, y con ello el sistema se convierte en una matriz la cual es solucionada según los métodos descritos por el álgebra lineal.

El *software* IIUD.DIMSI.CERCHAS fue diseñado en plataforma Microsoft® Visual Basic® 6. Su diseño permite resolver una cercha bidimensional, de geometría variable, con cargas aplicadas en los nodos de unión y usando el método de los nodos. Está constituido por una área grafica (ver Fig. 2) en la cual el usuario seleccionando diferentes herramientas como apoyos, elementos estructurales o nodos de unión puede crear cualquier configuración de cercha bidimensional.

La creación de cerchas se realiza de manera completamente gráfica o por medio de incursión de coordenadas absolutas de igual manera que cualquier sistema CAD.

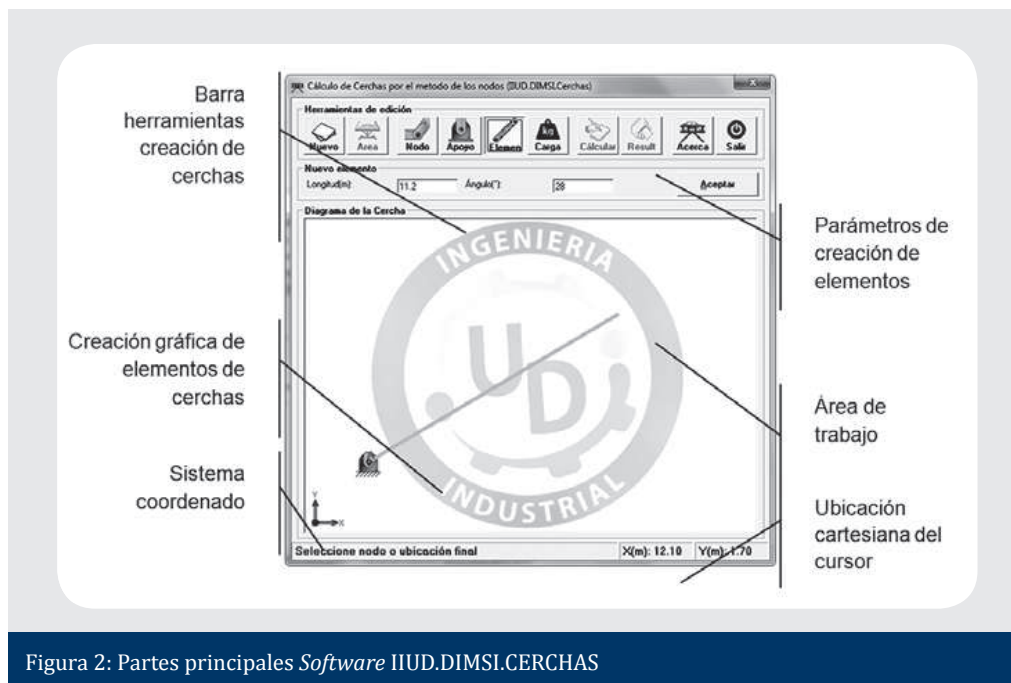


Figura 2: Partes principales *Software* IIUD.DIMSI.CERCHAS

Una vez el usuario ha definido la estructura a analizar, puede ahora ingresar las cargas o fuerzas tras seleccionar el nodo de aplicación. Con la estructura definida geoméricamente es posible proceder a calcular la estructura.

Los resultados son mostrados en forma gráfica por medio de un código de colores (rojo, componentes a tensión; azul, componentes a compresión, y color neutro, sin carga) y una cifra en el centro de cada componente que corresponde con la carga sometida en la interfaz del programa.

IIUD.DIMSI.CERCHAS le permite al estudiante plantear diferentes soluciones, viendo en cada momento cuales son las consecuencias de realizar cambios sobre la geometría de la cercha. En la Fig. 3 se puede ver cómo a partir de un diseño definido el estudiante, puede observar como el elemento 5, no está sometido a ninguna fuerza (color neutro).

El estudiante toma la decisión de quitar la diagonal (elemento 9) para obligar que el elemento 5 trabaje, pero esto acarrea que la estructura no sea estable (y por ello no es posible calcular su configuración de fuerzas), pues el rectángulo central es inestable. El siguiente paso que decide realizar es agregar dos diagonales más, pero esto acarrea que ahora sean dos elementos de la estructura no soporten carga.

Todas estas variaciones de la estructura inicial van permitiendo al estudiante entender cómo es el funcionamiento mecánico de una cercha, sin estar preocupado por el método de cálculo, el cual está completamente ceñido a una “receta” de solución.

El *software*, de todos modos, no está planteado para ser una caja negra, y por ello es posible visualizar la matriz de cálculo que fue generada para solucionar la estructura (ver Fig. 3), con lo cual el estudiante puede verificar los datos obtenidos por él para la solución de forma manual del problema.

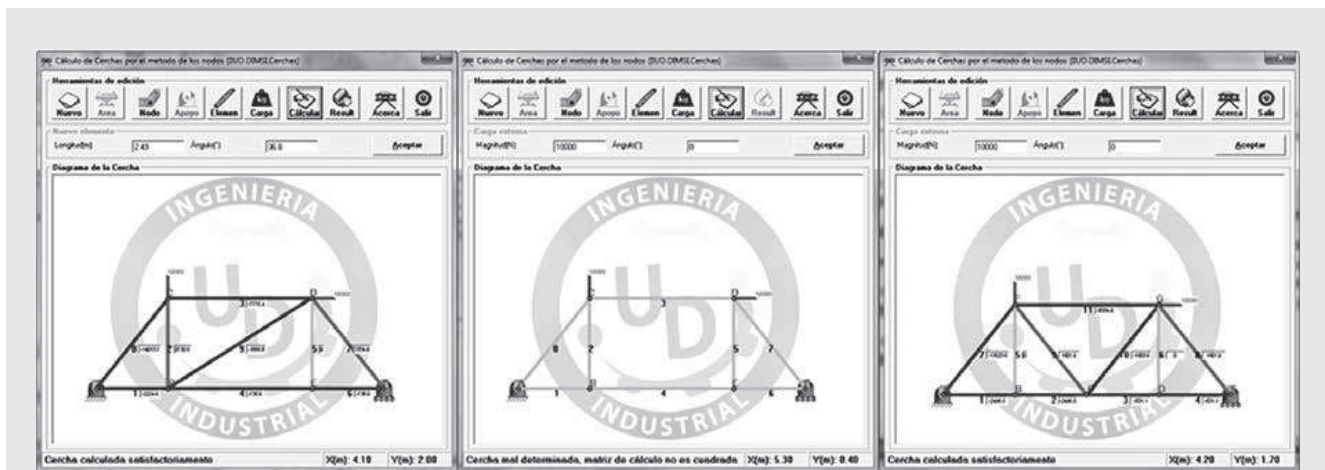


Figura 3: Ejemplo de uso software. Izq: Estructura mal diseñada no estable. Centro: Alternativa de diseño 1 y Der: Alternativa de diseño 2



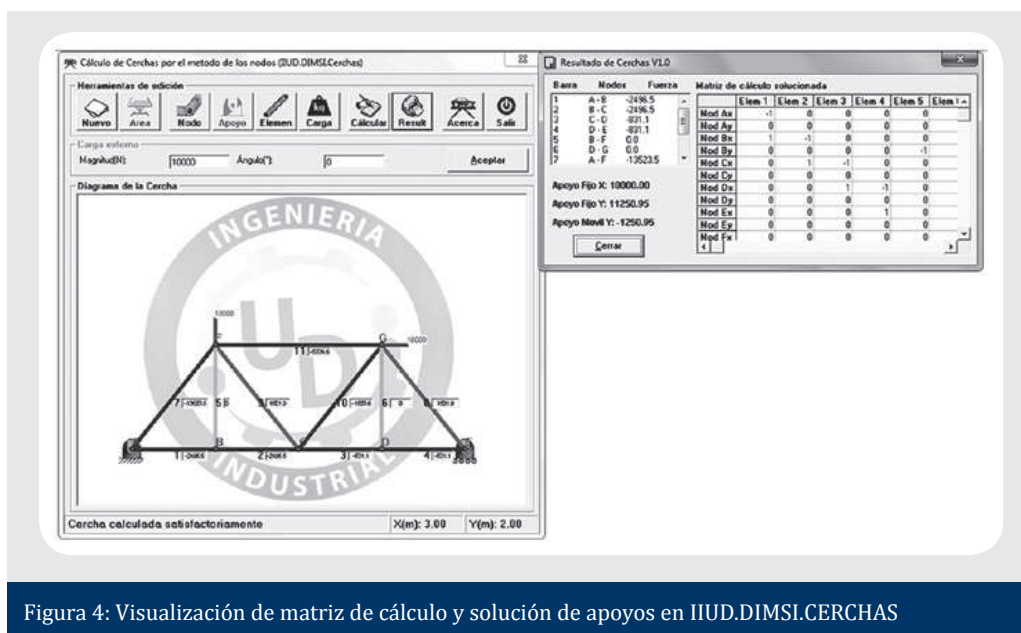


Figura 4: Visualización de matriz de cálculo y solución de apoyos en IUD.DIMSI.CERCHAS

## Resultados y análisis

El propósito inicial de esta etapa del trabajo no incluye la recopilación de datos numéricos referentes a la aceptación o utilidad de la implementación del *software* en los cursos, sin embargo sí se recogieron impresiones del cuerpo docente y de algunos estudiantes alrededor de dicha alternativa.

Los conceptos en términos generales se confirman unos a otros en cuanto a qué se debe innovar en el aula para lograr la atención de los estudiantes; además, se deben ofrecer dichas novedades vinculadas a lo que ellos manejan a diario y mantienen como un referente permanente, el recurso computacional. La penetración del recurso informático personal hace que cada vez sea su herramienta más cercana, en la mayoría de los casos, mucho más cercana que una calculadora científica o un cuaderno y un bolígrafo.

La barrera del costo, licenciamiento y, en últimas, la disponibilidad del aplicativo, se rompe automá-

ticamente, ya que el *software* presentado se desarrolló dentro de las actividades de investigación y desarrollo del grupo docente de la facultad de ingeniería de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Por lo mismo, se considera un *software* libre cuyos derechos patrimoniales le pertenecen a la universidad. Esto, sumado a que los recursos de máquina requeridos son bajos, por no decir mínimos, logra que su difusión sea masiva.

En las primeras etapas de implementación se identifican retos que deberán ser superados para poder llegar a una ejecución satisfactoria, lo primero es la disponibilidad del recurso informático tipo PC o portátil, pues sólo en la medida de contar con estos recursos para todos y cada uno de los estudiantes participantes se logrará el éxito del desarrollo. La dinámica de la clase cambia si sólo una parte de la clase cuenta con el paquete (máquina de computo + *software*); el devenir de la sesión será lento, frustrante para todos y muy poco productivo, tanto que se podría considerar nocivo.

Por un lado se tiene un grupo de estudiantes que demandan más tiempo de cálculo para poder culminar sus ejercicios a mano que evidentemente copan cuatro o más veces el tiempo que quienes los resuelven automáticamente, por otro lado la fracción de la clase que disponen del *software* quieren avanzar y desarrollar mayor número de ejercicios en el mismo tiempo; mientras esto sucede el docente trata de acompañar a los dos grupos en objetivos diferentes.

El segundo reto crucial tiene que ver con la capacitación en el uso del aplicativo, estos *software* específicos, que resuelven tareas sencillas pero repetitivas, se deben caracterizar por tener un manejo muy sencillo, intuitivo, que siga de manera natural la secuencia de resolución ya preestablecida por el trabajo manual, de lo contrario se desvía el enfoque de complementariedad y de herramienta agilizadora, por una capacitación en el uso de *software* y el fenómeno a comprender pasa a segundo plano.

## Conclusiones

El *software* CERCHAS se constituye en un complemento didáctico y práctico para las clases magistrales de la enseñanza tradicional de la asignatura Mecánica aplicada para el caso de ingeniería industrial, y para múltiples ingenierías como la mecánica, la civil y eléctrica entre otras, por medio del cual es posible mejorar sustancialmente la formación académica de los estudiantes y su introducción al campo de la investigación del área de las estructuras que puede ser útil para su futuro proyecto de grado e importante para su futuro desempeño en la etapa profesional o de postgrado.

Inicialmente se puede entender que el método tradicional de enseñanza de la mecánica de materiales imparte al estudiante la posibilidad de

alcanzar la “identificación, comprensión, análisis, decodificación, asociación y representación de textos, símbolos códigos conjuntos algorítmicos, gestuales, gráficas y demás metas, lenguajes, expresos o tácitos propios de la ciencia” [3].

Es claro que el uso de la nuevas y novedosas tecnologías que ofrece la comunidad científica es requerido y debe acoplarse a todo el sistema de educación, y especialmente al ingenieril, ya que es este campo el que más apoya el avance científico y tecnológico del país; generar competencias científicas a través de estas ayudas permite a los estudiantes lograr destrezas y habilidades para emplear sus conocimientos teóricos adquiridos en pro de la mejora de las condiciones de vida, es generar y apuntar hacia un mundo de conocimientos y ventajas competitivas, es facilitar la comprensión de su entorno tal como lo dice Posada (Posada, 2007) “El desarrollo de competencias científicas es importante, por una parte, para facilitar a los ciudadanos la comprensión de su entorno y por otra, para contribuir a aumentar la competitividad del sector productivo nacional”.

## Referencias

- Acevedo, J. (2009). Conocimiento didáctico del contenido para la enseñanza (I): El marco teórico. *Revista Eureka sobre Enseñanza y Divulgación de las Ciencias*, 6, 1, 41-6.
- Bartolomé, A. (1997). “Preparando para un nuevo modo de conocer”. En Gorreta, Rosa (coord.). *Desenvolupament de capacitats: Noves Estratègies*. Hospitalet de Llobregat: Centre Cultural Pineda. 69-86.
- Brent, G. (1996). “Constructivist learning environments: case studies in instructional design”, Educational Technology Publications.
- Cabero, J. (1996). “Nuevas tecnologías, comunicación y educación”. *Revista Electrónica de Tecnología Educativa*. Nº 1. Disponible en:

- <http://www.uib.es/depart/gte/revelec1.html>
- Fernández, B., Suárez, L. & Álvarez, E. (2006). *El camino hacia el Espacio Europeo de Educación Superior: deficiencias metodológicas y propuestas de mejora desde la perspectiva del alumno*. Aula Abierta, 88, 85-105.
- Gil, D. & Guzmán O. (2009). Enseñanza de las Ciencias y la Matemática Tendencias e Innovaciones. Organización de Estados Iberoamericanos Para la Educación, la Ciencia y la Cultura. España: Editorial Popular.
- González, Á. et al. (1996). "Las nuevas tecnologías en la educación". En Salinas, Jesús et al. (eds.). *Redes de comunicación, redes de aprendizaje*. Universitat de les Illes Balears: EDUTEC'95, págs. 409-422
- González, J. (2007). Blended learning, un modelo pertinente para la educación superior en la sociedad del conocimiento. Disponible en: <http://ihm.ccadet.unam.mx/virtualeduca2007/pdf/95-JGM.pdf>
- Hernández, C. (2007). ¿QUÉ SON LAS "COMPETENCIAS CIENTÍFICAS"? Secretaria de Educación de Boyacá. Recuperado el 25 de Octubre de 2011. Disponible en: <http://www.boyaca.edu.co/>
- Hinostroza, E., Labbé C., Brun M., Matamala, C., (2011) Teaching and learning activities in Chilean classrooms: Is ICT making a difference?, *Computers & Education*. 57, 1, 1358-1367.
- Mayer, R. (2000). "Diseño educativo para un aprendizaje constructivista". Reigeluth, Charles (ed.), *Diseño de la Instrucción. Teorías y modelos*. Madrid: Aula XXI Santillana.
- Martínez, M. et al. (2011). "Co-evaluation ICT techniques applied to an integrated project for new degrees in Spain," *Promotion and Innovation with New Technologies in Engineering Education (FINTDI)*. 1-5.
- Pellón M., Mansilla J., San Martín D. (2009). Desafíos para la Transposición Didáctica y Conocimiento Didáctico del Contenido en Docentes de Anatomía. *Obstáculos y Proyecciones*. 27, 3, 743-750. Disponible en: [http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0717](http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717)
- Posada E. (2007). Observación, comprensión y aprendizajes desde la ciencia. Recuperado el 25 de Septiembre. Disponible en: <http://men.web.mineduacion.gov.co/altabletero/articulo.asp?sec=3&id=272&num=30>
- Ruiz, D., Uribe, E. J. & Phillips, C. (2005). "Modelos estructurales: Gran incentivo para aprender el comportamiento estructural." En ACOFI (Eds.), XXV Reunión de Facultades de Ingeniería. Cartagena.