

Sistemas CAD basados en el conocimiento

*Rafael Bello Pérez**

(Recibido el 1º de diciembre de 2001)

Resumen

En este artículo se presenta un análisis del diseño asistido por computadoras (Computer-Aided Design, CAD) que incluye los beneficios del empleo de la computación en el diseño y los modelos del proceso de diseño para sistemas CAD. Luego se analiza la conveniencia de introducir las técnicas de inteligencia artificial al desarrollar un sistema CAD y se relacionan métodos de solución de problemas de la IA aplicables en el desarrollo de sistemas CAD basados en el conocimiento.

----- *Palabras clave:* diseño asistido por computador, manufactura asistida por computador, manufactura integrada, control numérico, inteligencia artificial, sistemas basados en el conocimiento, sistemas de modelamiento geométrico.

CAD Systems Based on Knowledge

Abstract

This paper presents an analysis of Computer Aided Design, CAD. This analysis includes the benefits of using computers in design and the models for the design process of CAD systems. Then the convenience of introducing artificial intelligence, AI, when a CAD system is developed is analyzed as well as the AI problem solving methods, when applied to the development of CAD systems based on knowledge.

----- *Key words:* CAD, CAM, CIM, CNC, AI, systems based on knowledge, GMS.

* Departamento de Ciencia de la Computación. Facultad de Matemática, Física y Computación. Universidad Central de Las Villas. CUBA. fax: (53)(422) 81608.

Diseño asistido por computadoras (CAD)

Inicialmente los sistemas CAD consistían en soportes para el diseño basado en geometría, y se hicieron una opción viable a mediados del decenio del 60 del siglo XX al desarrollarse computadoras y periféricos gráficos lo suficientemente poderosos. Los primeros sistemas fueron básicamente sistemas de dibujo 2D, los cuales ofertaban un conjunto de primitivas (puntos, línea, círculos y arcos) a partir de los cuales se podían construir dibujos de ingeniería.

Al comienzo de los años 70 se desarrollaron sistemas con posibilidades limitadas de construcciones en 3D. En el periodo comprendido entre finales de los 70 y principios de los 80 se comenzaron a resolver dos problemas importantes de modelación geométrica: la modelación de superficies de formas libres y la modelación de objetos sólidos.

El principal uso de los sistemas CAD es construir modelos visuales los cuales representan la geometría de los objetos del diseño antes de que ellos sean construidos o manufacturados. El énfasis en investigaciones sobre modelación semántica se basa en el interés de incluir el significado del artefacto junto a la descripción de sus rasgos físico-geométricos. La representación del significado conduce a la representación de la función, comportamiento y restricciones del artefacto en diseño. Un ejemplo de cómo la inteligencia artificial puede ayudar en esto es el modelo conocido como esquemas de prototipos de diseño, los objetos del diseño se organizan en clases de acuerdo con su estructura, función y propiedades de comportamiento.

Aunque básicamente los sistemas CAD son simplemente sistemas de dibujo en 2D o 3D estos pueden ampliarse contando con la integridad del modelo como un objeto sólido y añadiendo facilidades para el cálculo de propiedades de masa, examen de diferentes vistas y secciones, estudio de las propiedades del modelo mediante el análisis por elementos finitos, etc.

La introducción de técnicas basadas en computadoras al diseño ingenieril tradicional no ha cambiado fundamentalmente la secuencia del proceso desarrollado por el diseñador, lo que se ha obtenido es un incremento de la eficiencia y la velocidad con la que se ejercitan ciertas etapas de la actividad. Los últimos desarrollos en los sistemas CAD/CAM y CIM ha comenzado a permitir enlazar etapas disjuntas como por ejemplo, el dibujo de la pieza con ayuda de la computadora con la generación de la tecnología de fabricación sobre herramientas con control numérico; y luego el correspondiente programa CNC.

El desarrollo de los sistemas CAD se ha basado tanto en investigaciones sobre el diseño como en los avances en los equipos y los soportes lógicos. El enfoque computacional de las investigaciones de diseño tiene dos ramas distintas, una es tratar de emular la actividad de diseño y la otra es tratar de ayudar en la actividad de diseño. En el primer enfoque el diseño se ve como una transformación de los requerimientos de diseño iniciales en una descripción del diseño usando un conjunto de operadores de transformación. En el segundo, el sistema asiste al diseñador en el análisis y documentación del diseño que ha sido desarrollado. Estos enfoques son adecuados cuando la actividad de diseño se realiza de forma individual.

Sin embargo, ellos fallan cuando se tiene en cuenta la naturaleza cooperativa de la actividad del diseño, dando lugar a las investigaciones concernientes a los sistemas integrados de diseño con computadoras, en las cuales se comparte información entre varios programas de diseño, esta problemática se analizará posteriormente al tratar la solución cooperativa de problemas de diseño.

Hay cuatro aspectos del proceso de diseño que se podrían beneficiar del empleo de un soporte computacional, ellos son: representación del conocimiento, diferentes niveles de razonamiento, mantenimiento de la consistencia del conocimiento generado y control del proceso de diseño. Prácticamente

ticamente en todos ellos las técnicas de la inteligencia artificial son aplicables.

Se han desarrollado varios modelos del proceso de diseño para sistemas CAD, cada uno de los cuales enfatiza una característica particular de la actividad de diseño. Entre estos modelos están:

1. Enfoque implícito (caja negra). El proceso de diseño ocurre sin un método aparente ni justificación, basado principalmente en la experiencia y la intuición.
2. Enfoque explícito. El proceso de diseño se organiza en pasos y fases con relaciones predefinidas. Este enfoque propone una forma más organizada y permite la colaboración entre varias partes, ya sean diseñadores o herramientas computacionales de diseño.
3. Secuencia de fases de diseño. Desde un punto de vista macroscópico del proceso de diseño este se organiza en grandes fases, cada una de las cuales tiene un objetivo particular que puede ser caracterizado por el resultado (objeto conceptual, objeto virtual, y prototipo).
4. Lazo de diseño. Desde un punto de vista microscópico cada paso de diseño se caracteriza por una secuencia de análisis-síntesis-evaluación-decisión.
5. Diseño como optimización. El proceso de diseño puede ser visto como un proceso de optimización con variables, parámetros, restricciones y una función objetivo. Este enfoque no es muy útil porque la formulación matemática de un proceso de diseño es difícil.
6. Problemas bien definidos y mal definidos. Usualmente se realiza un proceso de diseño sobre un problema para el cual no existe una solución trivial. Para problemas bien-definidos en los cuales todos los aspectos y parámetros han sido caracterizados, el diseño es parametrizado. Para los problemas mal

definidos, el proceso de diseño trabaja no solamente sobre el objeto diseñado, sino también sobre el objeto que va a ser diseñado el cual se elabora gradualmente.

7. Proceso de diseño que considerando actividades basadas en inducción, deducción, intuición, expresiva y creativa.

En el caso particular de los sistemas CAD para el diseño mecánico, Requicha propone un modelo funcional en el cual el diseñador entra datos sobre el gráfico del artefacto, estos datos se transforman en un modelo geométrico almacenado y manipulado por el sistema. Además, el diseñador puede entrar otros datos no geométricos sobre el artefacto los cuales se transforman a un modelo no geométrico.

Luego el diseñador puede evaluar visualmente los datos no geométricos modelados usando la *interface del display*. Además, el diseñador puede escribir programas de aplicación para el análisis de diseño, en los sistemas CAD convencionales este análisis es completamente numérico y solamente se pueden evaluar por el sistema aquellas partes del sistema que se cuantifican, el resto del diseño se evalúa por el diseñador con base en su experticidad y usando conocimiento heurístico. Los sistemas CAD inteligentes superan esta limitación como se analiza posteriormente.

La interfaz del usuario media todas las interacciones entre el diseñador y el sistema. Esta debe poseer los rasgos siguientes:

1. Facilidades para que el diseñador entre el planteamiento del problema; el formato para esto podría ser el lenguaje natural, palabras clave o lenguaje de especificación.
2. Ventanas de control para cada herramienta computacional de modo que el usuario pueda interactuar con las herramientas en paralelo.
3. Acceso *on-line* a los materiales de referencia (por ejemplo, manuales de diseño) y ba-

ses de datos de diseño con indexamiento rápido a tópicos y diseños que sean relevantes.

4. La interfaz debe estar orientada a la aplicación.
5. La interfaz tiene que ser capaz de asociar ciertas propiedades con la geometría de los objetos que el diseñador crea.

Sistemas CAD inteligentes

Como se ha analizado la actividad de diseño incluye la exploración del espacio de diseños posibles y esta naturaleza exploratoria del diseño se trata en términos de que cualquier planteamiento hecho por el diseñador se considera una hipótesis, la cual puede o no formar parte del diseño final; paralelamente es necesario tener en cuenta un sistema de mantenimiento de la verdad, es decir, de la consistencia del artefacto en desarrollo. En ambos aspectos resulta útil el empleo de las técnicas de la inteligencia artificial. Otro aspecto que fundamenta esta utilidad es que el concepto de una base de conocimiento integrada y unificada es el corazón de la actividad de diseño y manufactura.

La complementariedad entre el usuario humano y la computadora es la razón principal del interés para los sistemas CAD. Los sistemas CAD han evolucionado de dos formas: la primera se caracteriza por la integración de diferentes herramientas específicas en un sistema único; la segunda es el uso progresivo de todas las capacidades de la computadora en el diseño asistido por computadora (CAD). Comenzando por simples cálculos, los sistemas CAD progresivamente han añadido otras técnicas hasta llegar a incluir aspectos inteligentes de la actividad de diseño, siendo el objetivo principal de este último avance permitir a la computadora participar en la solución de problemas no completamente comprendidos para los cuales no es posible formular un algoritmo.

Un sistema CAD inteligente es una herramienta de ayuda a la solución de problemas automatiza-

damente que permite al diseñador concebir, desarrollar y documentar sus diseños. Por eso esta clase de sistema hace una contribución significativa al progreso de la actividad de diseño.

La mayoría de los sistemas CAD actuales ponen algún énfasis en los aspectos geométricos. Una forma de construir sistemas CAD más inteligentes es mediante la integración de información no geométrica (por ejemplo, las propiedades de los materiales y las especificaciones de los requerimientos funcionales), información administrativa (estándares para partes comunes, evolución y versiones de un diseño, familias relacionadas de partes, etc.) e información geométrica en una base de conocimientos.

Tales sistemas pueden ser llamados inteligentes en el sentido de que ellos están más cercanos al contexto del mundo real en el cual se resuelven los problemas de diseño. Una diferencia principal entre los sistemas para el diseño basado en geometría y los sistemas CAD inteligentes es que los primeros son soportes de trabajo pasivos mientras que los segundos son activos. En otras palabras los sistemas CAD basados en el conocimiento no simplemente registran el conocimiento generado durante el proceso de diseño sino que toman parte activamente invocando subsistemas inteligentes y sistemas de mantenimiento de la consistencia. De este modo se logra mejor y más efectiva combinación de la actividad humana y la computacional para resolver problemas de diseño de ingeniería complejos.

El objetivo de las investigaciones actuales en sistemas CAD inteligentes es desarrollar la automatización del diseño incorporando más el papel del diseñador en el sistema. Esto tiene dos aspectos:

1. Un nivel más alto de interacción entre el diseñador y la herramienta de diseño.
2. Integrar a la herramienta de diseño resolvedores de problemas más poderosos.

Para alcanzar estos objetivos los sistemas CAD deben incluir las siguientes características:

1. Más conocimiento específico sobre la aplicación.
2. Ayudas al diseño implementadas tanto numérica como simbólicamente.
3. Interfaces con bases de datos que soporten datos geométricos y conocimiento sobre el diseño.
4. Facilidades de simulación orientadas gráficamente.

Vías para incrementar el nivel de inteligencia del sistema CAD son:

1. Incrementar la inteligencia de las interfaces con el usuario aumentando el significado de los símbolos y órdenes ofertados por las interfaces. Por ejemplo, en lugar de ofrecer sólo objetos puramente geométricos (líneas, curvas, etc.), añadir objetos del dominio como, por ejemplo, paredes y planos de pisos para los arquitectos y diseñadores y otras componentes eléctricas para el diseñador de VSLI.
2. Incluir sistemas expertos que ayuden al diseñador en la toma de decisiones complejas y que expliquen sus conclusiones.
3. En áreas donde la optimización de un diseño no sea fácilmente cuantificable debido a su complejidad o a su naturaleza no numérica, se pueden emplear sistemas expertos con este propósito. Las bases de conocimiento para tales sistemas podrían ser construidas a partir de las reglas y heurísticas usadas por diseñadores experimentados.

Entre los aspectos del proceso de diseño que pueden ser candidatos para este tipo de aplicación están:

1. Reglas fundamentales de diseño para el área de aplicación dada.
2. Un diseñador podría especificar un diseño crudo y el sistema tendría que refinarlo automáticamente.

3. Una base de conocimientos de ejemplos de diseño clásicos podría ser usada para proveer automáticamente de modelos al diseñador durante el proceso de diseño.

Un modelo para un sistema CAD que integre las facilidades de los sistemas CAD convencionales e inteligentes incluye:

1. Modelos geométricos para GMS (Geometric Modeling System).
2. Modelos de datos para el almacenamiento y acceso eficiente de los datos. Los sistemas CAD se caracterizan por el gran volumen de datos y la diversidad de estos que es necesario manejar.
3. Modelos de bases de conocimientos para organizar y controlar el conocimiento usado por el diseño y la planificación.

Consecuentemente un modelo para un sistema CAD inteligente puede estar formado por los módulos siguientes:

1. Modelos geométricos.
2. Datos no geométricos.
3. Sistema de entrada geométrico.
4. Sistema de entrada no geométrico.
5. Herramientas de ayuda al diseño y sistemas expertos.
6. Planificador de diseño.
7. Interfaces del usuario.

El uso de las técnicas de inteligencia artificial para desarrollar sistemas CAD inteligentes comprende tanto el enfoque simbólico como el conexionista. El primero focaliza en la idea de los símbolos como representaciones mentales y el segundo en la representación del conocimiento implícita mediante la modelación del razonamiento humano a un bajo nivel. Desde el punto de vista del diseño lo interesante es que ambos enfoques se pueden usar en diferentes aspectos

de la actividad de diseño. El enfoque simbólico permite modelar las reglas de diseño, jerarquías de tipo y la articulación del proceso de diseño. Por otro lado, el conexionista enfatiza en la generación de ideas de diseño sin intentar articular el proceso.

El enfoque simbólico ofrece un marco de trabajo para considerar los siguientes aspectos del diseño:

1. Importancia de las reglas.
2. Estudio de la topología.
3. Importancia de las explicaciones.
4. Establecimiento de los criterios de evaluación.
5. Uso de las computadoras como soporte del proceso de diseño.

Por su parte el enfoque conexionista ofrece un marco para considerar los siguientes aspectos del diseño:

1. La importancia de precedentes.
2. Intuición.
3. Articulación del conocimiento de diseño que no puede hacerse explícito.
4. La creencia de que nuevas ideas pueden emerger de otras ideas menos relevantes.

Entre los métodos de solución de problemas de la inteligencia artificial simbólica que son aplicables en la actividad de diseño y que por lo tanto sirven para la creación de sistemas CAD basados en el conocimiento están:

- i. Analogía y mutación.* Este método puede ser utilizado para generar la síntesis de productos únicos, es decir, aquellos que no se pueden ensamblar a partir de bibliotecas de componentes elementales de una forma estándar. Es de interés en el diseño innovador.
- ii. Ensamble de soluciones únicas a partir de componentes elementales.* Este método es

usado para problemas de diseño cuyas soluciones son demasiado diferentes una de otras para usar prototipos económicamente. En tales problemas las soluciones tienen que ser ensambladas a partir de componentes elementales para obtener una síntesis que satisfaga todos los objetivos y restricciones a un nivel aceptable.

- iii. Generación jerárquica, prueba, eliminación y evaluación de soluciones.* Este método consiste en generar todas las posibles soluciones a un nivel relativamente alto de abstracción, eliminar heurísticamente la mayoría de ellas, generar todas las soluciones en el próximo nivel de abstracción para aquellas que no fueron eliminadas, y así sucesivamente. Finalmente se establece un "ranking" con todas las soluciones obtenidas usando un conjunto de criterios de evaluación. Este enfoque emplea menos búsqueda que la selección pura, pues el espacio solución se recorta progresivamente explorándose solamente un número pequeño de ramas después de cada nivel. Sin embargo, el método requiere que el problema sea descomponible jerárquicamente y el conocimiento de las reglas heurísticas de eliminación. La generación, prueba y eliminación de partes puede ser implementado usando reglas de producción, utilizando una búsqueda dirigida por dato u objetivo, siendo la primera más usada. Una representación basada en "frames" puede ayudar a controlar la búsqueda.

- iv. Selección y refinamiento de prototipos.* El método se basa en usar heurísticas para seleccionar una solución prototipo inicial, luego de tener un buen candidato se prueban una serie de atributos de esta solución y se modifican hasta satisfacer las restricciones impuestas al artefacto que se diseña. Este es el fundamento del llamado diseño basado en casos.

- v. Selección pura.* Consiste en satisfacer las restricciones impuestas seleccionando una síntesis a partir de un conjunto enumerado de

alternativas. Este método requiere el conocimiento de todas (o muchas) alternativas, incluyendo los valores de aquellos atributos de cada alternativa que se necesitan para establecer la correspondencia entre la alternativa y las especificaciones impuestas.

Sistemas CAD inteligentes con solución cooperativa de problemas

Diseño cooperativo

El enfoque de sistemas multiexpertos tiene como propósito integrar el trabajo de varios sistemas expertos (SE) a la solución de un problema, este tipo de sistemas resulta de mucho interés para los sistemas CAD pues usualmente varios diseñadores tienen que cooperar para diseñar un producto sofisticado. La variante de un super SE que sea capaz de resolver todos los aspectos del diseño se convierte en algo poco real, de allí que un sistema multiexperto, el cual se puede ver como una federación de SE más pequeña, resulta más apropiado.

Entre las motivaciones primarias del diseño cooperativo están la heterogeneidad, alto nivel de abstracción y enfoque centrado en el usuario. Además, otras razones para la necesidad de la cooperación son: las tareas de diseño a gran escala no se pueden resolver por diseñadores individuales, pues se necesitan expertos de múltiples disciplinas, los diseñadores pueden estar distribuidos geográficamente y separados en departamentos diferentes, la estandarización de la representación de los datos y los modelos de procesos usados en enfoques de integración convencionales no dan una solución al problema.

Los sistemas multiexpertos descansan en el método de la inteligencia artificial conocido como solución cooperativa de problemas distribuidos —SCPD—, la idea es distribuir la capacidad de solución de problemas complejos en una red de agentes que juntos son capaces de resolver dichos problemas, es decir, organizar una red de

sistemas expertos; cada elemento de la red trabaja sobre una parte del problema en cooperación con el resto. Un aspecto relevante de este enfoque es la estrategia de cooperación por utilizar.

La estrategia de cooperación debe permitir la activación de los SE apropiados cada vez que el diseñador (humano o artificial) lo considere deseable. Al término de la ejecución de un SE los datos elaborados tienen que ser almacenados en la base de datos del sistema CAD.

Un modelo para la solución cooperativa de problemas

El primer paso en el diseño cooperativo es encapsular las herramientas de diseño en agentes. Estos agentes se comunican a través de un lenguaje de descripción común a todas sus interfaces.

Los enfoques más actuales para enlazar agentes heterogéneos en el diseño usan un modelo de espacio de trabajo común —ETC—. El espacio de trabajo común es un medio central para manejar la comunicación de todos los agentes y representar la solución de diseño en cada momento.

Los requerimientos para los sistemas de diseño cooperativo son:

1. *Visibilidad global.* El sistema tiene que ofrecer mecanismos para almacenar información compartida y para diseminar información entre los agentes para que puedan coordinar sus actividades.
2. *Soporte de subgrupos.* El sistema tiene que soportar la noción de equipos de agentes con sus responsabilidades.
3. *Comunicación indirecta.* Los agentes entre los cuales se intercambia información tienen que ser completamente direccionados por el contenido del mensaje.

Una arquitectura que satisface estos requerimientos se basa en el concepto de espacio de trabajo virtual —ETV—. Las componentes básicas de

este ETV son los metaagentes y delegados. Los metaagentes dan una plataforma para compartir información y la comunicación entre los agentes. Para comunicarse por medio de los metaagentes los agentes no necesitan conocer la identidad de los otros agentes.

Los delegados se usan para representar los intereses y capacidades de un agente particular. Cada delegado da una visión particular de un agente (lo que el agente puede hacer o lo que quiere ver). Los delegados son interfaces remotas inteligentes de su agente. Ellos traducen la información al formato del agente e inician un proceso de razonamiento local generando subobjetivos a otros delegados. Los delegados se activan al reconocer objetivos o resultados en las cadenas de los mensajes que llegan que le resulten de interés. Los delegados actúan como catalizadores de los agentes. Físicamente ellos se encuentran en la base de datos de metaagentes pero lógicamente forman parte del agente.

Compartir información en este modelo simplemente significa colocar objetivos y resultados en la base de datos de metaagentes. Cuando un objetivo o resultado direcciona la descripción de un delegado se informa al correspondiente agente.

Este modelo básico es adecuado para el diseño de estructuras multiniveles. La estructura jerárquica de la arquitectura del ETV se deriva del modelo de arquitectura de pizarrón. Los agentes especifican sus intereses en una información particular sobre pizarrones compartidos. Estos pizarrones se organizan en una jerarquía que permite la representación de vistas múltiples y varios niveles de abstracción. Cada nodo o pizarrón de la jerarquía corresponde a un metaagente. Los metaagentes a diferentes niveles pueden ser relacionados por los delegados. Los agentes que trabajan sobre aspectos similares de los mismos subproblemas son reunidos en equipos. Cada uno de estos equipos puede comunicarse con otros agentes por medio de los delegados.

Hay cuatro características que distinguen al ETV de otros enfoques de espacios de trabajos comunes:

1. No interacción directa entre los agentes. Cada uno de los agentes es representado, sobre múltiples metaagentes, por delegados. Los agentes no especifican explícitamente sus beneficiarios, es decir, los agentes para los cuales sus informaciones pueden ser útiles.
2. Equipos de trabajo. Los delegados no están restringidos a representar agentes dados, ellos pueden representar metaagentes y asumir el papel de un grupo de agentes.
3. Organización dinámica. Los delegados pueden ser añadidos o eliminados de los metaagente dinámicamente.
4. Paradigmas múltiples. La implementación del ETV tiene una arquitectura basada en cuatro capas: agente, coordinación, cooperación y comunicación.

Capa agente. Esta capa contiene el conocimiento completo de la aplicación pero no conocimiento de control.

Capa coordinación: Los agentes mutuamente coordinan su actividad a través de la capa de coordinación. En esta capa se especifican los metaagentes y delegados. Los delegados se especifican usando un lenguaje común de descripción de delegados.

Capa cooperación. Define una infraestructura para la interacción de los agentes y los metaagentes. Esta ofrece los mecanismos básicos para la construcción de una estructura jerárquica multipizarrón para las capas superiores.

Cada nodo pizarrón de esta capa tiene un canal para recibir mensajes y canales para los mensajes a otros nodos. La cadena de mensajes que se recibe se filtra sobre la base del tipo de mensaje. Si el mensaje es un objetivo se sitúa sobre la agenda la cual es luego

procesada por la unidad de control. Si es un resultado este se escribe en el pizarrón.

Capa comunicación. Esta capa es responsable de la comunicación física.

En el epígrafe anterior se describe un modelo para la solución cooperativa de problemas por varios agentes independientes que trabajan como expertos en la actividad. Otro enfoque es introducir al sistema CAD la posibilidad de que exista interacción entre diferentes herramientas y sujetos en el diseño.

El diseño de artefactos complejos involucra individuos como diseñadores, clientes, desarrolladores y manufactureros del producto. El diseño del artefacto es producto no sólo de la interacción entre el diseñador y el artefacto, sino también con otros diseñadores y el entorno. La actividad de diseñar mediante la interacción de los diseñadores y el entorno se denomina diseño cooperativo.

Este enfoque del diseño, cuando utiliza la computadora como soporte común para todos los sujetos involucrados en la actividad del diseño, da lugar al desarrollo de sistemas integrados que incorporan varios tipos de modelos de diseño como modelos de productos o datos y procesos.

Los modelos de datos describen el artefacto que se diseña en términos de una estructura de datos, las relaciones y restricciones entre los objetos. La modelación de los procesos describe las actividades del proceso de diseño.

La complejidad de los objetos de diseño requiere no solamente diferentes modelos conceptuales sino también diferentes modelos de interacción. En el diseño cooperativo es necesario compartir y coordinar varios medios de diseño.

Un ambiente de diseño cooperativo ofrece un espacio de trabajo compartido a través del cual varios sujetos involucrados en un diseño pueden colaborar. Uno de los principales papeles del espacio de trabajo compartido es compartir infor-

mación. Por ejemplo, al diseñar un edificio, los arquitectos son responsables del diseño arquitectónico, los ingenieros del diseño estructural y los constructores son responsables de ejecutar un plan para el proceso de construcción. Para poder colaborar estos profesionales comparten información sobre la geometría y función del edificio.

Por otra parte, cada diseñador usa diferentes tipos de programas o herramientas computacionales, de modo que un sistema para el diseño debe soportar la representación y acceso de información del diseño compartida atendiendo a cada sujeto participante y a sus respectivos programas.

Un segundo aspecto del diseño cooperativo es la cantidad significativa de comunicación necesaria entre los participantes en el diseño para poder asegurar la consistencia de la solución que se desarrolla por colaboración.

El tercer aspecto de la cooperación es la planificación, manejo y control de la actividad del diseño cooperada. Se han desarrollado diversas estrategias de control para coordinar la actividad de los participantes en el proceso de diseño.

Un ejemplo de arquitectura para un sistema multiusuario para el diseño es MATE, en el que herramientas como programas CAD, programas de modelación, programas de análisis y sistemas basados en el conocimiento pueden ser compartidas por más de un diseñador. Entre las finalidades que brinda están:

- a. *Representación visual compartida.* Es el punto crítico de la colaboración, en ella se verifica la interacción en tiempo real entre los diseñadores y es donde aparece un diseño. El uso de ventanas múltiples permite a los diseñadores particionar un espacio de trabajo en público o privado, gráfico o texto, dato o conocimiento.
- b. *Gráficos compartidos.* El espacio de trabajo gráfico compartido permite compartir los

modelos gráficos entre los diseñadores. Los diseñadores pueden editar y modelar la información gráfica del espacio de trabajo compartido dinámicamente.

- c. *Conocimiento compartido.* Bases de datos, de conocimiento compartidos por diversos diseñadores a través de ventanas diferentes y de relaciones entre objetos gráficos además de los elementos de las bases de datos.
- d. *Audio y video.* Los medios de comunicación ofrecen un medio para coordinar, negociar y cooperar durante el diseño.
- e. *Vistas múltiples de la semántica del diseño.* Los diseñadores pueden tener diferentes vistas del mismo objeto de diseño considerando una abstracción del objeto. Los mecanismos de abstracción son generalización, especialización, composición, descomposición y vistas.

Conclusiones

Los sistemas para el diseño asistido por computadoras han evolucionado de sistemas para el dibujo a plataformas inteligentes para desarrollar las tareas de diseño. Estas plataformas brindan a los diseñadores toda la ayuda necesaria para el trabajo incluyendo facilidades geométricas, herramientas para el cálculo y asistentes inteligentes para la toma de decisiones.

Esta transición ha requerido el desarrollo de las concepciones sobre el diseño y la creación de modelos de diseño adecuados. En el artículo se presentan vías para incrementar la inteligencia de los sistemas CAD y los aspectos del proceso de diseño que son apropiados para incluir los aspectos inteligentes de tales sistemas. Además,

se analiza el papel de las técnicas de solución cooperativa de problema en el diseño.

Referencias

1. Dym, C. L. y Levitt, R.E. *Knowledge-based system in engineering*. McGraw-Hill. 1991.
2. Hinkle, D. y Toomey, Ch. "Applying CBR to manufacturing". *AI Magazine*, Spring 1995.
3. Coyne, R.D. "Design reasoning without explanations". *AI Magazine*. Winter 1990.
4. Fuh, J.Y. y otros. "The development of an integrated and intelligent CAD/CAPP/CAFP environment using logic-based reasoning". *CAD*. Vol. 28. No. 3. pp. 217-235. 1996.
5. Lou, M.M. y Mei, Z.D. CADSYN A CB "Design process model". *AI EDAM* (1993) 7(2). pp. 97-110.
6. Hennessy, D. y Hinkle, D. "Applying CBR to auto-clave loading". *IEEE Expert*. October 1992.
7. Pearce, M. y otros. "Case-based design support: a case study in architectural design". *IEEE Expert*. October 1992.
8. Popplestone, R. y otros. "Engineering design support systems". *1st Conference on Applications of Artificial Intelligence*. Southampton, 1986.
9. Requicha, A.A. "Geometry reasoning for intelligent manufacturing". *CACM*. Vol. 39. No. 2. 1996.
10. Rosenman, M.A., y Gero, J.S. "Modelling multiple views of design objects in a collaborative CAD environment". *CAD*. Vol. 28. No. 3. pp. 193-205. 1996.
11. Saad, M. y Lou, M.M. "Shared understanding in computer-supported collaborative design". *CAD*. Vol. 28. No. 3. pp. 183-192. 1996.
12. Shiva, K.H. y otros. "A framework for CBR in engineering design". *Artificial Intelligence for engineering design, analysis and manufacturing* (1995). 9. pp. 161-182.
13. Weiss, M. "A hierarchical blackboard system for collaborative design". *Working Conference on Cooperating Knowledge-based systems*. Keele, 1994.

INSTRUCCIONES PARA QUIENES DESEEN PUBLICAR ARTÍCULOS EN LA REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA

1. Presentar trabajos inéditos en español o inglés.
2. Los artículos no deben exceder de 25 páginas en tamaño carta y a doble espacio, con márgenes simétricas de 2,5 cm.
3. El título del artículo debe estar en inglés y en español.
4. Se debe acompañar el artículo con un resumen, abstract, no mayor de 15 renglones, en español e inglés, y una lista de palabras clave en español e inglés.
5. Informar los datos del autor: nombre, número de fax o correo electrónico, nombre de la institución donde labora y cargo o función que desempeña, para el reconocimiento de los créditos respectivos.
6. Entregar una copia impresa del artículo, digitado en Word (97 ó 2000) , y el disquete correspondiente debidamente marcado.
7. Instrucciones especiales para la digitación:
 - a) El texto debe digitarse sin formato, en letra Times New Roman de 12 puntos.
 - b) Los párrafos se justifican, sin dejar espacio entre los consecutivos y sin partir las palabras.
 - c) No dejar más de un espacio entre palabras; después de coma, punto y coma, dos puntos, paréntesis y punto y seguido, se debe dejar un solo espacio.
 - d) No incluir saltos de página o finales de sección.
 - e) Los guiones tipográficos deben ser largos y tocar la palabra adjunta: —, pero el que se usa entre palabras y números es el del teclado, y sin dejar espacios, ejemplo: físico-químico, 1999-2000.
 - f) Los títulos se digitan como un párrafo cualquiera, antecediéndolos de los símbolos #0, #1, #2, de acuerdo con su nivel jerárquico; el #0 es para el de mayor importancia.
 - g) Las ecuaciones se levantan en el procesador incluido en Word, en letra Times New Roman de 12 puntos.
 - h) Los símbolos de las constantes, variables y funciones, en letras latinas o griegas, incluidos en las ecuaciones, deben ir en cursiva; los símbolos matemáticos y los números no van en cursiva. Se deben identificar los símbolos inmediatamente después de la ecuación.
 - i) Si se desea resaltar palabras o frases del texto, no usar letra negrita sino cursiva.
 - j) Las figuras deben ir nombradas y referenciadas en el artículo, en estricto orden.
 - k) El título de las figuras se digita como un párrafo ordinario fuera de la figura.
 - l) El texto de las figuras se debe levantar en letra Helvética y en el mismo tamaño.
 - m) No se presentan cuadros sino tablas y éstas no incluyen formatos.
 - n) Los decimales se deben señalar con coma (,) y no con punto; y los millares y millones con punto.
 - o) Se deben utilizar las unidades, dimensiones y símbolos del sistema internacional, SI.
 - p) No usar colores ni en gráficos ni en figuras.
8. Las citas, referencias bibliográficas y hemerografías se incluyen al final del artículo, en la siguiente forma:

- a. Las referencias bibliográficas y notas deben numerarse en forma ascendente, de acuerdo con su aparición en el texto, e incluir el apellido y el nombre del autor, el título de la obra en cursiva, el lugar de edición, la editorial, el año de edición y las páginas de referencia. Ejemplo:
1. Foucault, Michael. *Un diálogo sobre el poder*. Madrid. Alianza. 1981. p. 135.
- b. Presentar las referencias hemerográficas en el siguiente orden: el apellido y el nombre del autor, el título del artículo entre comillas, el nombre de la revista o periódico en cursiva, el volumen, el número, el lugar de edición, la fecha de publicación y las páginas de referencia. Ejemplo:
2. Salcedo, Salomón. "Política agrícola y maíz en México: hacia el libre comercio norteamericano". En: *Comercio Exterior*. Vol. 43. No. 4. México D. F. Abril, 1993.
- c. En caso de que las referencias bibliográficas o las hemerográficas tengan más de dos autores, se debe usar la forma siguiente: el nombre del autor que aparezca en la publicación en primer lugar, seguido de la expresión et al. (que significa "y otros") en cursiva y se continúa con los datos ya explicados para la bibliografía y la hemerografía.
- d. En caso de una referencia tomada de Internet se debe escribir el nombre del URL del sitio.
- e. El llamado de una referencia bibliográfica se inserta en el texto, en el punto pertinente, mediante un número entre corchetes, al nivel del texto y separado de la palabra anterior por un espacio. En la misma forma se enumeran, al final, las referencias o bibliografías.
9. Evitar las notas de pie de página; en caso de que sean muy necesarias deben contener solamente aclaraciones o complementos del trabajo que, sin afectar la continuidad del texto, aporten información adicional que el autor considere necesario incluir.
10. Cuando se empleen siglas o abreviaturas, se debe anotar primero la equivalencia completa, seguida de la sigla o abreviatura correspondiente entre paréntesis, y en lo subsecuente se escribe sólo la sigla o abreviatura respectiva.
11. Por tratarse de una publicación con arbitraje, la revista recibe, revisa y envía los trabajos al Comité Editorial, el cual aprueba su publicación con base en el concepto de pares evaluadores especializados.
12. Los originales recibidos se conservan como parte del archivo de la revista.
13. Como derechos de autor se reconocen 3 ejemplares de la revista, que se envían a cada autor.
14. Favor enviar la colaboración a:
- REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA
Universidad de Antioquia
Ciudad Universitaria, Bloque 18, oficina 141
Tel. 210 55 43 - 210 55 74
Correo electrónico: revista.ingenieria@udea.edu.co

CENTRO DE INVESTIGACIONES AMBIENTALES Y DE INGENIERIA CENTRO EXCELENCIA

Y SUS GRUPOS:

Corrosión y Protección, Categoría A

Catálisis Ambiental, Categoría A

Ciencias de los Materiales, Línea Catalizadores y Adsorbentes, Categoría A

Investigación en Gestión y Modelación Ambiental, GAIA, Categoría B

Grupo de Ingeniería y Gestión Ambiental, GIGA, Categoría B

Manejo Eficiente de la Energía Eléctrica, GIMEL, Categoría C

Ciencia y Tecnología del Gas, Categoría C

Grupo de Investigaciones Pirometalúrgicas, GIPIME, Categoría C

Nuevos Prototipos de Energía, Categoría D

Sicosis, Categoría D

CERAMEX, Categoría D

Ciencia y Tecnología Biomédica, Categoría D

Grupo Bioprocesos

Microelectrónica

Mecatrónica

Grupo Cable



CIUDAD UNIVERSITARIA, Calle 67 No. 53-108
Facultad de Ingeniería - Bloque 21, oficinas 103-105
Teléfonos 210 55 10, 210 55 09. Fax 211 90 28
e-mail: cia@jaibana.udea.edu.co



CENTRO DE EXTENSIÓN ACADÉMICA

NUESTRO PROPÓSITO

Propiciar que los recursos materiales de la Facultad y el talento de sus integrantes sirvieran para la elevación del nivel académico de la enseñanza impartida a los estudiantes, mediante la vinculación de los programas docentes e investigadores de la Facultad a problemas reales de la comunidad.

Brindar educación permanente, actualización y proyección a la comunidad mediante la organización de cursos, seminarios, foros, talleres y otras actividades que respondan a las necesidades de actualización, asesoría y consultoría de los profesionales e instituciones.

GRUPO SIGMA

Este grupo interdisciplinario, trabaja el área de proyectos, *Cultura Informática*, que tiene por objeto la gestión del cambio cultural que ocasiona en las empresas el aprendizaje y el trabajo con nuevas tecnologías de la información. Son proyectos que enraizan el aprendizaje en la cultura organizacional, crean, desarrollan, evalúan y mejoran las estrategias pedagógicas y de gestión y producen los medios didácticos integrados para lograr el aprendizaje. En este contexto se ha realizado la formación de usuarios de sistemas de información geográfica y para Medellín y sus alrededores, SIGMA de las EE.PP.M. y la formación de coordinadores de equipo como tutores, en la misma empresa.

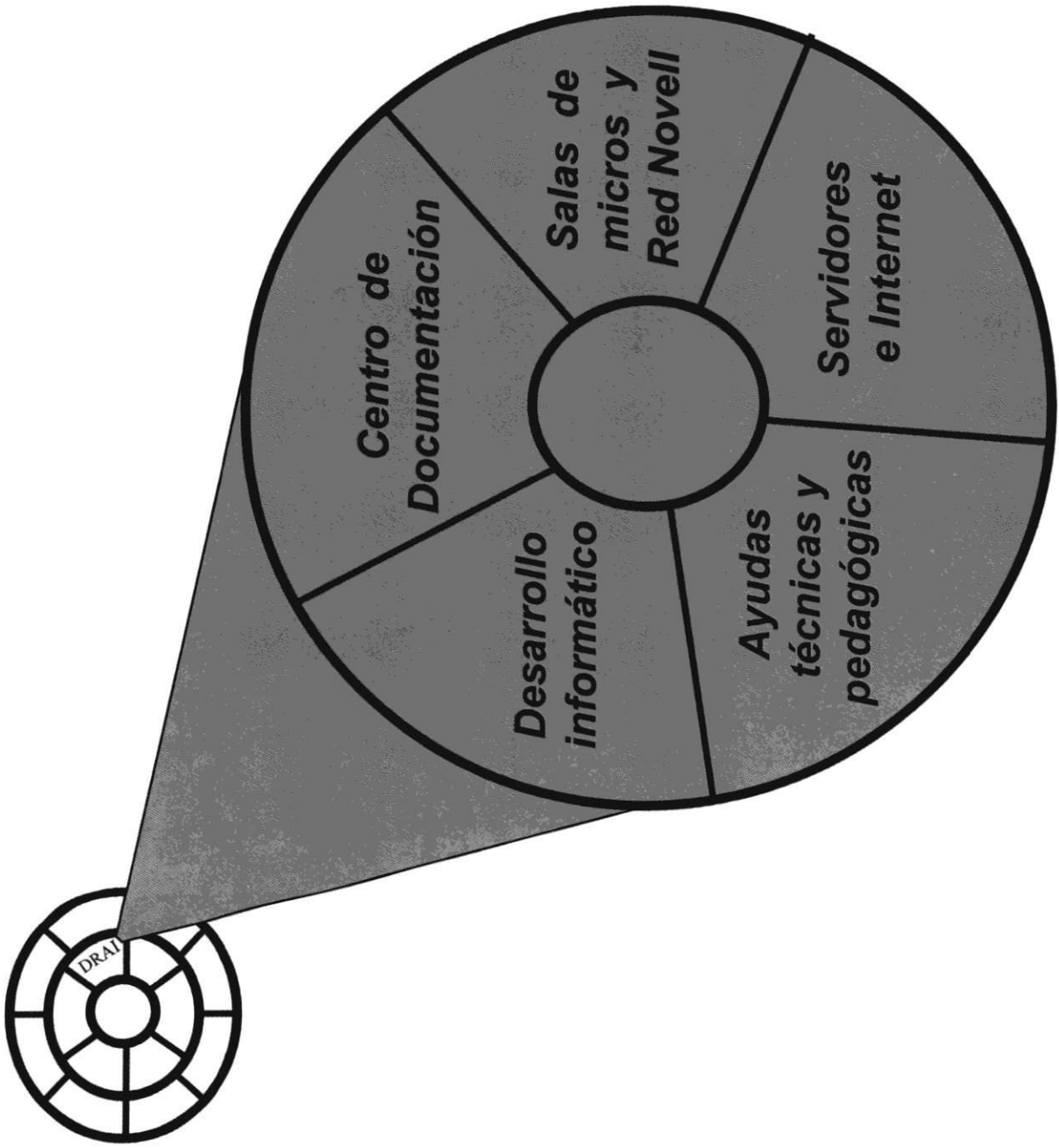
GRUPO ISO

Misión

Promover y difundir por medio de las líneas de capacitación, asesoría e investigación el conocimiento y aplicación de los estándares internacionales ISO relacionados con la gestión de la calidad y con los sistemas de gestión ambiental.

Visión

En 2002 el grupo regional ISO habrá desarrollado todas sus líneas de trabajo cubriendo el departamento de Antioquia y el eje cafetero. Será reconocido en Colombia y por la ISO como grupo de investigación jalonador de una red nacional de calidad y gestión ambiental y como miembro activo y dinamizador de los comités técnicos donde desarrolla su misión.



D E L D R A I

O R G A N I G R A M A

**REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA
CUPÓN DE SUSCRIPCIÓN**

Suscripción y factura
a nombre de: _____ C.C. _____
Departamento académico: _____ Registro: _____
Dirección de envío: _____
Teléfono: _____ Fax: _____
Residencia: _____ Oficina: _____
Ciudad: _____ País: _____
Correo electrónico: _____
Fecha: _____ Suscripción a partir del número: _____
Firma: _____
Cheque No. _____ Banco: _____ Ciudad: _____

Valor de la suscripción: (4 números):

Colombia: \$50.000
América Latina: US\$85
Norteamérica y Europa: US\$117

¿Desea que se lo descuenten de nómina? Sí ___ No ___ Cuántas cuotas _____

IMPORTANTE

Todo pago se hace a nombre de: Universidad de Antioquia CIA, centro de costos 8703.

Para su comodidad usted puede cancelar en cheque y enviarlo al A. A. 1226 o consignar el valor de la suscripción en la cuenta nacional 180-01077-9 del Banco Popular, en cualquier oficina del país, a nombre de la UNIVERSIDAD DE ANTIOQUIA —CIA—, centro de costo 8703.

Si usted paga por este sistema, debe sacar una fotocopia del recibo de consignación y enviarla junto con la suscripción.

NOTA. Los precios en dólares incluyen el valor del correo y la transferencia.

Correspondencia, canje y suscripciones

REVISTA FACULTAD DE INGENIERÍA
Universidad de Antioquia
Bloque 18, oficina 141
Correo electrónico: revista.ingenieria@udea.edu.co
Teléfono 210 55 74. Fax 263 82 82
A.A. 1226