

# Introducción al CAD/CAM

*En esta unidad se pretende introducir las Técnicas CAD/CAM, definiendo los conceptos básicos, y su relación con el proceso de diseño y fabricación. También se revisa el desarrollo histórico, así como el presente de dichas técnicas.*

1. Definiciones
2. El CAD/CAM en el proceso de diseño y Fabricación
3. Desarrollo histórico
4. Componentes del CAD/CAM
5. El CAD/CAM desde el punto de vista industrial
6. Situación actual y perspectivas
7. Aplicación.

---

## 1. Definiciones

---

El Diseño y la fabricación asistidos por ordenador (CAD/CAM) es una disciplina que estudia el uso de sistemas informáticos como herramienta de soporte en todos los procesos involucrados en el diseño y la fabricación de cualquier tipo de producto. Esta disciplina se ha convertido en un requisito indispensable para la industria actual que se enfrenta a la necesidad de mejorar la calidad, disminuir los costes y acortar los tiempos de diseño y producción. La única alternativa para conseguir este triple objetivo es la de utilizar la potencia de las herramientas informáticas actuales e integrar todos los procesos, para reducir los costes (de tiempo y dinero) en el desarrollo de los productos y en su fabricación.

El uso cooperativo de herramientas de diseño y de fabricación ha dado lugar a la aparición de una nueva tecnología denominada 'Fabricación Integrada por Ordenador' e incluso se habla de la 'Gestión Integrada por Ordenador' como el ultimo escalón de automatización hacia el que todas las empresas deben orientar sus esfuerzos. Esta tecnología consiste en la gestión integral de todas las actividades y procesos desarrollados dentro de una empresa mediante un sistema informático. Para llegar a este escalón sería necesario integrar, además de los procesos de diseño y fabricación, los procesos administrativos y de gestión de la empresa lo que rebasa el objetivo más modesto de esta asignatura que se centra en los procesos de diseño y fabricación, básicos para la gestión integrada.

CAD es el acrónimo de 'Computer Aided Design' o diseño asistido por computador. Se trata de la tecnología implicada en el uso de ordenadores para realizar tareas de creación, modificación, análisis y optimización de un diseño. De esta forma, cualquier aplicación que incluya una interfaz gráfica y realice alguna tarea de ingeniería se considera software de CAD. Las herramientas de CAD abarcan desde herramientas de modelado geométrico hasta aplicaciones a medida para el análisis u optimización de un producto específico. Entre estos dos extremos se encuentran herramientas de modelado y análisis de tolerancias, cálculo de propiedades físicas (masa, volumen, momentos, etc.), modelado y análisis de elementos finitos, ensamblado, etc. La función principal en estas herramientas es la definición de la geometría del diseño (pieza mecánica, arquitectura, circuito electrónico, etc.) ya que la geometría es esencial para las actividades subsecuentes en el ciclo de producto descrito en la figura 1.2.

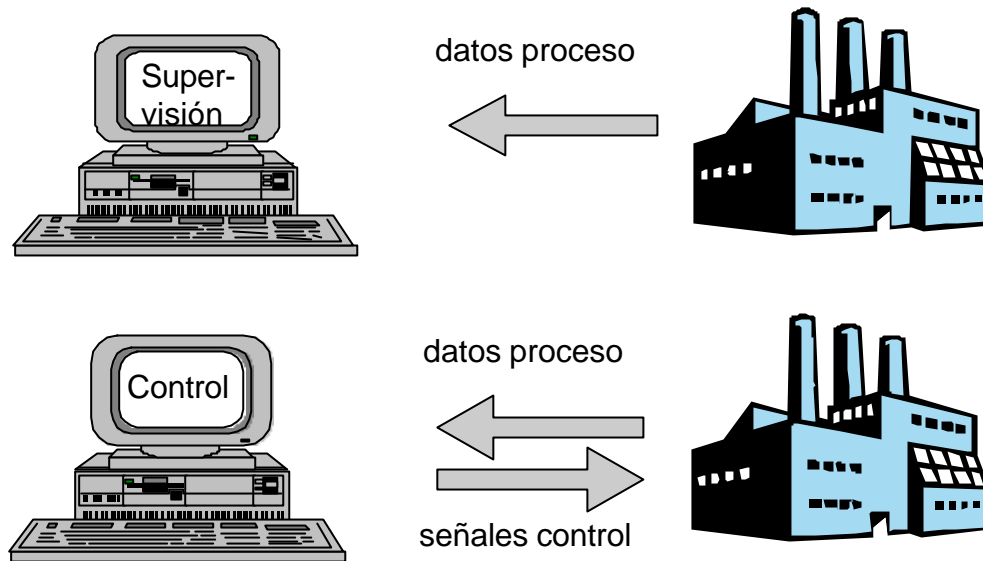
La geometría de un objeto se usa en etapas posteriores en las que se realizan tareas de ingeniería y fabricación. De esta forma se habla también de Ingeniería asistida por Ordenador o Computer Aided Engineering (CAE) para referirse a las tareas de análisis, evaluación, simulación y optimización desarrolladas a lo largo del ciclo de vida del producto. De hecho, este es el mayor de los beneficios de la tecnología CAD, la reutilización de la información creada en la etapa de síntesis en las etapas de análisis y también en el proceso CAM.

El termino CAD se puede definir como el uso de sistemas informáticos en la creación, modificación, análisis u optimización de un producto. Dichos sistemas informáticos constarían de un hardware y un software que se describe en el tema 2.

El termino CAM se puede definir como el uso de sistemas informáticos para la planificación, gestión y control de las operaciones de una planta de fabricación mediante una interfaz directa o indirecta entre el sistema informático y los recursos de producción. Así pues, las aplicaciones del CAM se dividen en dos categorías:

- **Interfaz directa:** Son aplicaciones en las que el ordenador se conecta directamente con el proceso de producción para monitorizar su actividad y realizar tareas de supervisión y control. Así pues estas aplicaciones se dividen en dos grupos:
  - Supervisión: implica un flujo de datos del proceso de producción al computador con el propósito de observar el proceso y los recursos asociados y recoger datos.
  - Control: supone un paso más allá que la supervisión, ya que no solo se observa el proceso, sino que se ejerce un control basándose en dichas observaciones.
- **Interfaz indirecta:** Se trata de aplicaciones en las que el ordenador se utiliza como herramienta de ayuda para la fabricación, pero en las que no existe una conexión directa con el proceso de producción.

La figura 1.1 muestra de forma grafica la diferencia entre estos dos tipos de aplicaciones.



**Figura 1.1** Supervisión y control

Una de las técnicas más utilizadas en la fase de fabricación es el Control Numérico. Se trata de la tecnología que utiliza instrucciones programadas para controlar máquinas herramienta que cortan, doblan, perforan o transforman una materia prima en un producto terminado. Las aplicaciones informáticas son capaces de generar, de forma automática, gran cantidad de instrucciones de control numérico utilizando la información geométrica generada en la etapa de diseño junto con otra información referente a materiales, máquinas, etc. que también se encuentra en la base de datos. Los esfuerzos de investigación se concentran en la reducción de la intervención de los operarios.

Otra función significativa del CAM es la programación de robots que operan normalmente en células de fabricación seleccionando y posicionando herramientas y piezas para las máquinas de control numérico. Estos robots también pueden realizar tareas individuales tales como soldadura, pintura o transporte de equipos y piezas dentro del taller.

La planificación de procesos es la tarea clave en para conseguir la automatización deseada, sirviendo de unión entre los procesos de CAD y CAM. El plan de procesos determina de forma detallada la secuencia de pasos de producción requeridos para fabricar y ensamblar, desde el inicio a la finalización del proceso de producción. Aunque la generación automática de planes de producción es una tarea compleja, el uso de la Tecnología de Grupos supone una gran ayuda, ya que permite generar nuevos planes a partir de los planes existentes para piezas similares. Las piezas se organizan en familias y cada nueva pieza se clasifica dentro de una familia, según las características o los elementos que la componen. Esta tarea puede realizarse fácilmente utilizando técnicas de Modelado Basado en Características (Feature-Based Modeling) junto con la Tecnología de Grupos.

Además, los sistemas informáticos pueden usarse para determinar el aprovisionamiento de materias primas y piezas necesarias para cumplir el programa de trabajo de la manera más eficiente, minimizando los costes financieros y de almacenaje. Esta actividad se denomina Planificación de Recursos Materiales (Material Requirement Planning o MRP). También es posible ejercer tareas de monitorización y control de la actividad de las

maquinas del taller que se integran bajo el nombre de Planificación de Recursos de Manufacturación (Manufacturing Requirement Planning o MRP II).

La Ingeniería Asistida por Ordenador (Computer Aided Engineering o CAE) es la tecnología que se ocupa del uso de sistemas informáticos para analizar la geometría generada por las aplicaciones de CAD, permitiendo al diseñador simular y estudiar el comportamiento del producto para refinar y optimizar dicho diseño. Existen herramientas para un amplio rango de análisis. Los programas de cinemática, por ejemplo, pueden usarse para determinar trayectorias de movimiento y velocidades de ensamblado de mecanismos. Los programas de análisis dinámico de (grandes) desplazamientos se usan para determinar cargas y desplazamientos en productos complejos como los automóviles. Las aplicaciones de temporización lógica y verificación simulan el comportamiento de circuitos electrónicos complejos.

El método de análisis por ordenador más ampliamente usado en ingeniería es el método de elementos finitos o FEM (de Finite Element Method). Se utiliza para determinar tensiones, deformaciones, transmisión de calor, distribución de campos magnéticos, flujo de fluidos y cualquier otro problema de campos continuos que serian prácticamente imposibles de resolver utilizando otros métodos. En este método, la estructura se representa por un modelo de análisis constituido de elementos interconectados que dividen el problema en elementos manejables por el ordenador.

Como se ha mencionado anteriormente, el método de elementos finitos requiere más un modelo abstracto de descomposición espacial que la propia geometría del diseño. Dicho modelo se obtiene eliminando los detalles innecesarios de dicha geometría o reduciendo el numero de dimensiones. Por ejemplo, un objeto tridimensional de poco espesor se puede convertir en un objeto bidimensional cuando se hace la conversión al modelo de análisis. Por tanto, es necesario generar dicho modelo abstracto de forma interactiva o automática para poder aplicar el método de elementos finitos. Una vez creado dicho modelo, se genera la malla de elementos finitos para poder aplicar el método. Al software que se encarga de generar el modelo abstracto y la malla de elementos finitos se le denomina pre-procesador. Después de realizar el análisis de cada elemento, el ordenador ensambla los resultados y los visualiza. Las regiones con gran tensión se destacan, por ejemplo, mostrándose en color rojo. Las herramientas que realizan este tipo de visualización se denominan post-procesadores.

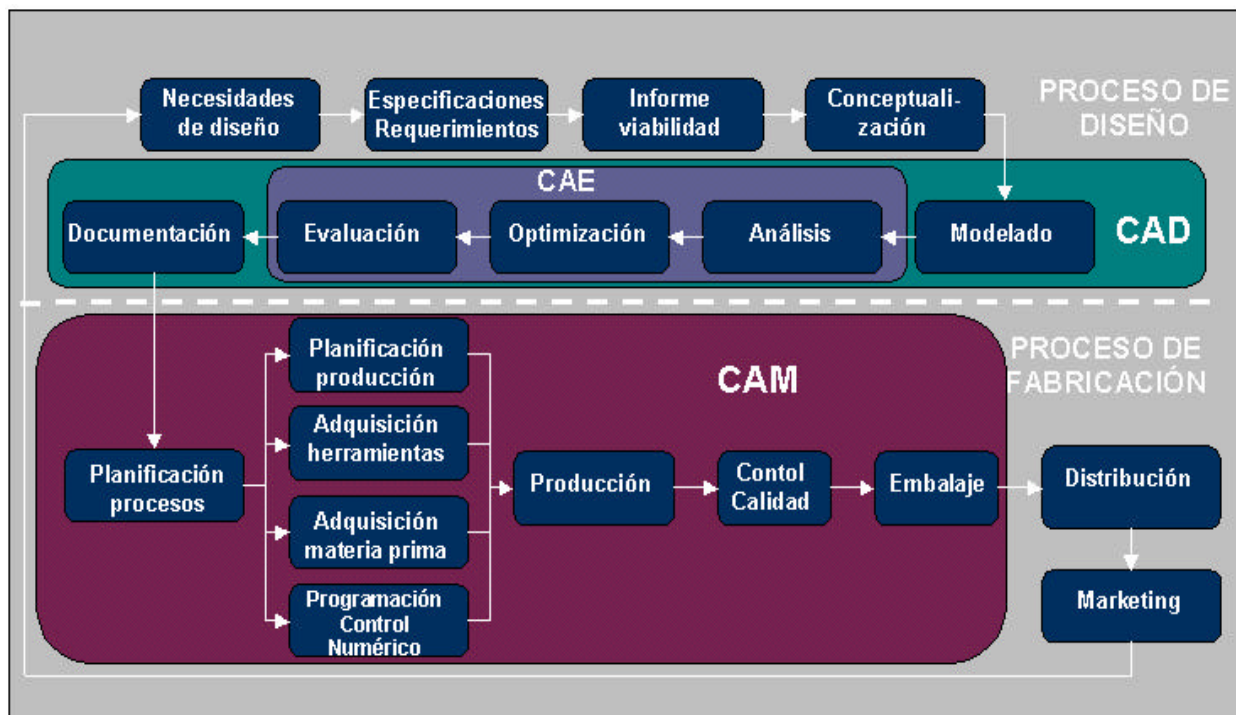
Existen también numerosas herramientas para la optimización de diseños. Se están realizando investigaciones para determinar automáticamente la forma de un diseño, integrando el análisis y la optimización. Para ello se asume que el diseño tiene una forma inicial simple a partir de la cual el procedimiento de optimización calcula los valores óptimos de ciertos parámetros para satisfacer un cierto criterio al mismo tiempo que se cumplen unas restricciones, obteniéndose la forma optima con dicho parámetros.

La ventaja del análisis y optimización de diseños es que permite a los ingenieros determinar como se va a comportar el diseño y eliminar errores sin la necesidad gastar tiempo y dinero construyendo y evaluando prototipos reales. Ya que el coste de re-ingeniería crece exponencialmente en las ultimas etapas del desarrollo de un producto y en la producción, la optimización temprana que permiten las herramientas CAE supone un gran ahorro de tiempo y una notable disminución de costes.

Así pues, CAD; CAM y CAE son tecnologías que tratan de automatizar ciertas tareas del ciclo de producto y hacerlas más eficientes. Dado que se han desarrollado de forma separada, aun no se han conseguido todos los beneficios potenciales de integrar las actividades de diseño y fabricación del ciclo de producto. Para solucionar este problema ha aparecido una nueva tecnología: la fabricación integrada por ordenador o CIM (de Computer Integrated Manufacturing). Esta tecnología tiene el objetivo de aunar las *islas de automatización* conjuntándolas para que cooperen en un sistema único y eficiente. El CIM trata de usar una única base de datos que integre toda la información de la empresa y a partir de la cual se pueda realizar una gestión integral de todas las actividades de la misma, repercutiendo sobre todas las actividades de administración y gestión que se realicen en la empresa, además de las tareas de ingeniería propias del CAD y el CAM. Se dice que el CIM es más una filosofía de negocio que un sistema informático. El CIM sobrepasa los objetivos de esta asignatura y se tratará resumidamente en el tema 8.

## 2. CAD/CAM en el proceso de diseño y fabricación.

En la práctica, el CAD/CAM se utiliza de distintas formas, para producción de dibujos y diseño de documentos, animación por computador, análisis de ingeniería, control de procesos, control de calidad, etc. Por tanto, para clarificar el ámbito de las técnicas CAD/CAM, las etapas que abarca y las herramientas actuales y futuras, se hace necesario estudiar las distintas actividades y etapas que deben realizarse en el diseño y fabricación de un producto. Para referirnos a ellas emplearemos el término **ciclo de producto**, que aparece reflejado en la figura 1.2.

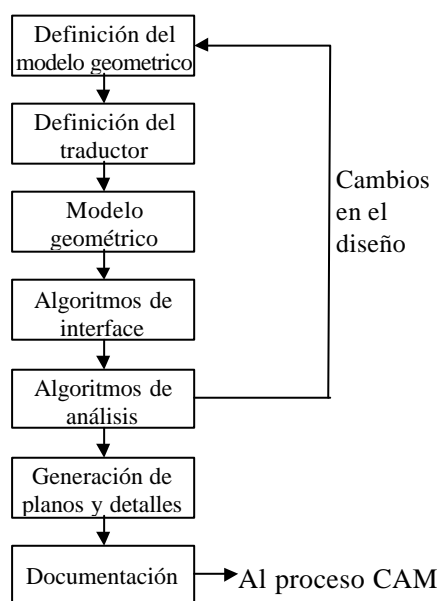


**Figura 1.2** Ciclo de producto típico

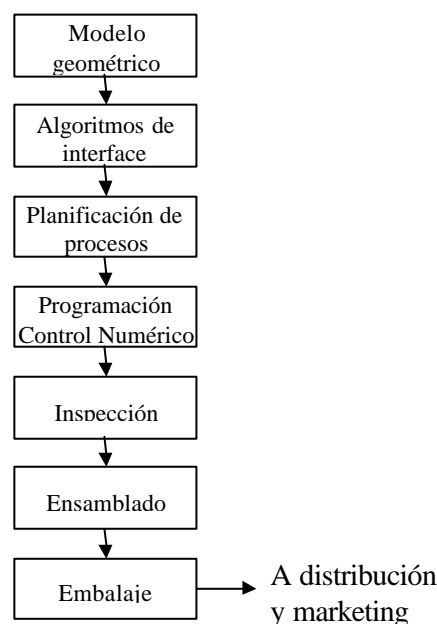
Para convertir un concepto o idea en un producto, se pasa por dos procesos principales, el de diseño y el de fabricación. A su vez, el proceso de diseño se puede dividir en una etapa de síntesis, en la que se crea el producto y una etapa de análisis en la que se verifica, optimiza y evalúa el producto creado. Una vez finalizadas estas etapas se aborda la etapa de fabricación en la que, en primer lugar se planifican los procesos a realizar y los recursos necesarios, pasando después a la fabricación del producto. Como último paso se realiza un control de calidad del producto resultante antes de pasar a la fase de distribución y marketing.

Debido a la demanda del mercado de productos cada vez más baratos, de mayor calidad y cuyo ciclo de vida se reduce cada vez más, se hace necesaria la intervención de los ordenadores para poder satisfacer estas exigencias. Mediante el uso de técnicas de CAD/CAM se consigue abaratar costes, aumentar la calidad y reducir el tiempo de diseño y producción. Estos tres factores son vitales para la industria actual.

Dentro del ciclo de producto descrito se ha incluido un conjunto de tareas agrupadas en proceso CAD y otras en proceso CAM, que, a su vez, son subconjuntos del proceso de diseño y proceso de fabricación respectivamente. Las figuras 1.3 y 1.4 muestran ambos procesos con más detalle. Las herramientas requeridas para cada proceso aparecen en las tablas 1.1 y 1.2.



**Fig. 1.3** El proceso CAD



**Fig. 1.4** El proceso CAM

FASE DE DISEÑO	HERRAMIENTAS CAD REQUERIDAS
Conceptualización del diseño	Herramientas de modelado geométrico
Modelado del diseño y simulación	Las anteriores más herramientas de animación, ensamblaje y aplicaciones de modelado específicas
Análisis del diseño	Aplicaciones de análisis generales (FEM), aplicaciones a medida
Optimización del diseño	Aplicaciones a medida, optimización estructural
Evaluación del diseño	Herramientas de acotación, tolerancias, listas de materiales
Informes y documentación	Herramientas de dibujo de planos y detalles, imágenes color

**Tabla 1.1:** Herramientas CAD para el proceso de diseño

FASE DE FABRICACIÓN	HERRAMIENTAS CAM REQUERIDAS
Planificación de procesos	Herramientas CAPP, análisis de costes, especificaciones de materiales y herramientas
Mecanizado de piezas	Programación de control numérico
Inspección	Aplicaciones de inspección
Ensamblaje	Simulación y programación de robots

**Tabla 1.2:** Herramientas CAM para el proceso de fabricación

### 3. Desarrollo histórico

En la historia del CAD/CAM se pueden encontrar precursores de estas técnicas en dibujos de civilizaciones antiguas como Egipto Grecia o Roma. Los trabajos de Leonardo da Vinci muestran técnicas CAD actuales como el uso de perspectivas. Sin embargo, el desarrollo de estas técnicas esta ligado a la evolución de los ordenadores que se produce a partir de los años 50.

A principios de la década 1950 aparece la primera pantalla gráfica en el MIT capaz de representar dibujos simples de forma no interactiva. En esta época y también en el MIT se desarrolla el concepto de programación de control numérico. A mediados de esta década aparece el lápiz óptico que supone el inicio de los gráficos interactivos. A finales de la década aparecen las primeras máquinas herramienta y General Motors comienza a usar técnicas basadas en el uso interactivo de gráficos para sus diseños.

La década de los 60 representa un periodo crucial para el desarrollo de los gráficos por ordenador. Aparece el termino CAD y varios grupos de investigación dedican gran esfuerzo a estas técnicas. Fruto de este esfuerzo es la aparición de unos pocos sistemas de CAD. Un hecho determinante de este periodo es la aparición comercial de pantallas de ordenador.

En la década de los 70 se consolidan las investigaciones anteriores y la industria se percata del potencial del uso de estas técnicas, lo que lanza definitivamente la implantación y uso de estos sistemas, limitada por la capacidad de los ordenadores de esta época. Aparecen los primeros sistemas 3D (prototipos), sistemas de modelado de elementos finitos, control numérico, etc. Hechos relevantes de esta década son, entre otros, la celebración del primer SIGGRAPH y la aparición de IGES.

En la década de los 80 se generaliza el uso de las técnicas CAD/CAM propiciada por los avances en hardware y la aparición de aplicaciones en 3D capaces de manejar superficies complejas y modelado sólido. Aparecen multitud de aplicaciones en todos los campos de la industria que usan técnicas de CAD/CAM, y se empieza a hablar de realidad virtual.

La década de los 90 se caracteriza por una automatización cada vez más completa de los procesos industriales en los que se va generalizando la integración de las diversas técnicas de diseño, análisis, simulación y fabricación. La evolución del hardware y las comunicaciones hacen posible que la aplicación de técnicas CAD/CAM este limitada tan

solo por la imaginación de los usuarios. En la actualidad, el uso de estas técnicas ha dejado de ser una opción dentro del ámbito industrial, para convertirse en la única opción existente. Podemos afirmar por tanto que el CAD/CAM es una tecnología de supervivencia. Solo aquellas empresas que lo usan de forma eficiente son capaces de mantenerse en un mercado cada vez más competitivo.

A modo de resumen, la tabla 1.3 muestra algunos de los hechos más relevantes de la evolución del CAD/CAM.

Años 50 y 60	Un ordenador ocupa una habitación y cuesta cientos de millones Primera pantalla gráfica en el MIT Concepto de programación de control numérico Primeras máquinas herramienta Cada compañía desarrolla su propio y peculiar sistema de CAD (GM) Lápiz óptico: inicio de los gráficos interactivos Aparición comercial pantallas de ordenador Utilizado por la industria del automóvil, aeronáutica y compañías muy grandes
Años 70	Los minicomputadores son <i>cabinas</i> y cuestan unos pocos millones CAD significa Computer Aided Drafting Aparecen los primeros sistemas 3D (prototipos) Potencia de los sistemas limitada modelado de elementos finitos, control numérico Aparecen empresas como Computervision o Applicon Celebración del primer SIGGRAPH y aparición de IGES
Principios 80	Incremento de potencia (32 bits) Se extiende la funcionalidad de las aplicaciones CAD Superficies complejas y modelado sólido Los sistemas de CAD son caros todavía Se incrementa el interés en el modelado 3D frente al dibujo 2D
Finales 80	Nace Autocad y los PC's Menor precio y mayor funcionalidad de los sistemas Los sistemas potentes están basados en estaciones Unix El mercado del CAD se generaliza en las empresas
Principios 90	Automatización completa procesos industriales Integración técnicas diseño, análisis, simulación y fabricación Tecnología de supervivencia Estaciones PC Nuevas funcionalidades: modelado sólido, paramétrico, restricciones
Finales 90 - Siglo XXI	Internet e Intranets lo conectan todo El precio del Hardware cae La potencia aumenta Gran cantidad de aplicaciones Se impone el PC

**Tabla 1.3:** Evolución



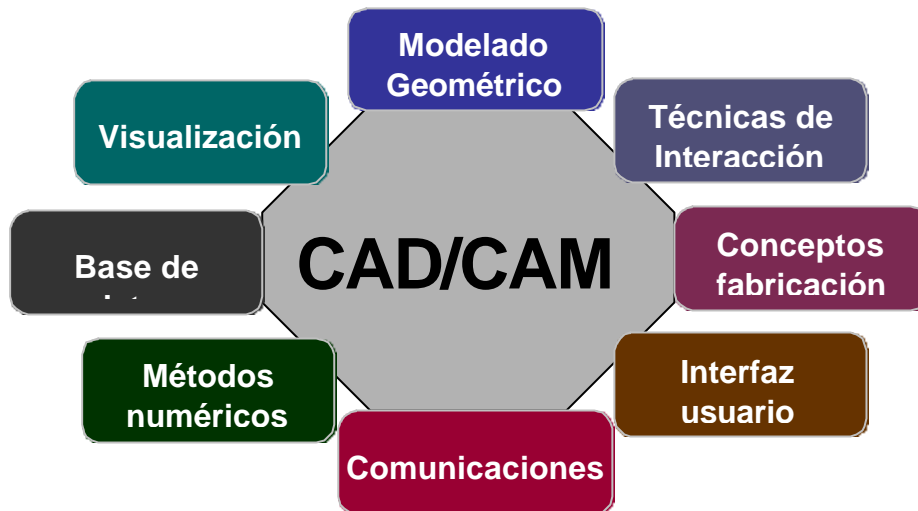
---

## 4. Componentes del CAD/CAM

---

Los fundamentos de los sistemas de Diseño y fabricación asistidos por ordenador son muy amplios, abarcando múltiples y diversas disciplinas, entre las que cabe destacar las siguientes:

- **Modelado geométrico:** Se ocupa del estudio de métodos de representación de entidades geométricas. Existen tres tipos de modelos: alámbricos, de superficies y sólidos, y su uso depende del objeto a modelar y la finalidad para la que se construya el modelo. Se utilizan modelos alámbricos para modelar perfiles, trayectorias, redes, u objetos que no requieran la disponibilidad de propiedades físicas (áreas, volúmenes, masa). Los modelos de superficie se utilizan para modelar objetos como carrocerías, fuselajes, zapatos, personajes, donde la parte fundamental del objeto que se está modelando es el exterior del mismo. Los modelos sólidos son los que más información contienen y se usan para modelar piezas mecánicas, envases, moldes, y en general, objetos en los que es necesario disponer de información relativa a propiedades físicas como masas, volúmenes, centro de gravedad, momentos de inercia, etc.
- **Técnicas de visualización:** Son esenciales para la generación de imágenes del modelo. Los algoritmos usados dependerán del tipo de modelo, abarcando desde simples técnicas de dibujo 2D para el esquema de un circuito eléctrico, hasta la visualización realista usando trazado de rayos o radiosidad para el estudio de la iluminación de un edificio. Es habitual utilizar técnicas específicas para la generación de documentación dependiente de la aplicación, como por ejemplo, curvas de nivel, secciones o representación de funciones sobre sólidos o superficies.
- **Técnicas de interacción gráfica:** Son el soporte de la entrada de información geométrica del sistema de diseño. Entre ellas, las técnicas de posicionamiento y selección tienen una especial relevancia. Las técnicas de posicionamiento se utilizan para la introducción de coordenadas 2D o 3D. Las técnicas de selección permiten la identificación interactiva de un componente del modelo, siendo por tanto esenciales para la edición del mismo.
- **Interfaz de usuario:** Uno de los aspectos más importantes de una aplicación CAD/CAM es su interfaz. Del diseño de la misma depende en gran medida la eficiencia de la herramienta.
- **Base de datos:** Es el soporte para almacenar toda la información del modelo, desde los datos de diseño, los resultados de los análisis que se realicen y la información de fabricación. El diseño de las bases de datos para sistemas CAD/CAM plantea una serie de problemas específicos por la naturaleza de la información que deben soportar.
- **Métodos numéricos:** Son la base de los métodos de cálculo empleados para realizar las aplicaciones de análisis y simulación típicas de los sistemas de CAD/CAM.
- **Conceptos de fabricación:** Referentes a máquinas, herramientas y materiales, necesarios para entender y manejar ciertas aplicaciones de fabricación y en especial la programación de control numérico.
- **Conceptos de comunicaciones:** Necesarios para interconectar todos los sistemas, dispositivos y máquinas de un sistema CAD/CAM.



**Fig. 1.5** Componentes del CAD/CAM

Otra forma alternativa de estudiar los componentes del CAD/CAM se basa en como se implementan. Según este criterio el CAD estaría formado por el hardware más el software de diseño y el CAM estaría formado por el hardware más el software de fabricación y además los mecanismos de comunicación necesarios para establecer la comunicación con las máquinas y robots. Estos conceptos se ampliarán en el tema 2.

---

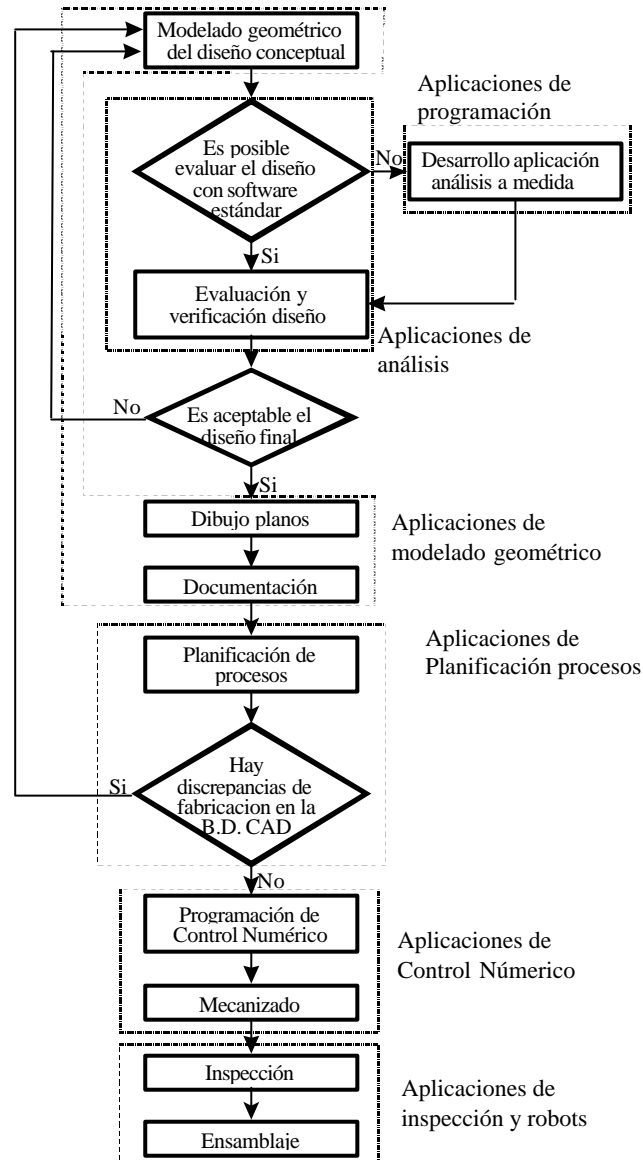
## 5. El CAD/CAM desde el punto de vista industrial.

---

Históricamente, el CAD/CAM es una tecnología, (tanto hardware como software) guiada por la industria. Las industrias aeroespacial, de automoción, y naval, principalmente, han contribuido al desarrollo de estas técnicas. Por lo tanto, el conocimiento de como se aplican las técnicas CAD/CAM en la industria (figura 1.6) es fundamental para la comprensión de las mismas.

La mayoría de las aplicaciones incluyen diferentes módulos entre los que están modelado geométrico, herramientas de análisis, de fabricación y módulos de programación que permiten personalizar el sistema. Hay tres tipos de modelado geométrico, alámbrico, de superficies y sólido que se estudiarán en temas posteriores.

Las herramientas de modelado geométrico realizan funciones tales como transformaciones geométricas, planos y documentación, sombreado, coloreado y uso de niveles. Las herramientas de análisis incluyen cálculos de masas, análisis por elementos finitos, análisis de tolerancias, modelado de mecanismos y detección de colisiones. En algunas ocasiones, estas aplicaciones no cubren las necesidades específicas de un determinado trabajo, en cuyo caso se pueden utilizar las herramientas de programación para suplir estas carencias. Una vez que el modelado se completa, se realizan los planos y la documentación con lo que el trabajo queda listo para pasar a la fase de CAM en la que se realizan operaciones tales como planificación de procesos, generación y verificación de trayectorias de herramientas, inspección y ensamblaje.



**Fig. 1.6:** El CAD/CAM en entorno industrial.

El conocimiento y comprensión de las herramientas CAD/CAM actuales y las relaciones entre ellas constituyen la base esencial para el proceso de aprendizaje. Por lo tanto, conocer el fundamento de las técnicas existentes mejora tanto la utilización de los sistemas actuales, como el desarrollo de nuevas aplicaciones de diseño y fabricación.

---

## 6. Situación actual y perspectivas.

---

El diseño y la fabricación asistidos por ordenador han alcanzado actualmente un gran nivel de desarrollo e implantación y se han convertido en una necesidad esencial para la supervivencia de las empresas en un mercado cada vez más competitivo. El uso de estas herramientas permite reducir costes, acortar tiempos y aumentar la calidad de los productos fabricados. Estos son los tres factores críticos que determinan el éxito comercial de un producto en la situación social actual en la que la competencia es cada vez mayor y el mercado demanda productos de mayor calidad y menor tiempo de vida. Un ejemplo sencillo y evidente de estas circunstancias es la industria de la automoción, donde cada día aparecen nuevos modelos de coches con diseños cada vez más sofisticados y se reduce la duración de un modelo en el mercado, frente a la situación de hace unas pocas décadas en las que el número de modelos en el mercado era mucho más reducido y su periodo de comercialización mucho más largo.

Ante este panorama, las herramientas CAD/CAM han tenido un auge espectacular, extendiéndose su uso a la práctica totalidad de las áreas industriales. Para ver la situación actual y las perspectivas, a continuación se presentan un breve estudio de los campos de aplicación más importantes de las herramientas CAD/CAM.

### Mecánica

Es el campo donde más uso se le ha hecho tradicionalmente, fomentado sobre todo por la industria automovilística y aeroespacial que han llevado la iniciativa de la tecnología CAD/CAM. Las aplicaciones más habituales del CAD/CAM mecánico incluyen:

- Librerías de piezas mecánicas normalizadas
- Modelado con NURBS y sólidos paramétricos.
- Modelado y simulación de moldes
- Análisis por elementos finitos.
- Fabricación rápida de prototipos.
- Generación y simulación de programas de control numérico.
- Generación y simulación de programación de robots.
- Planificación de procesos.
- Traductores de formatos neutros (IGES, STEP).

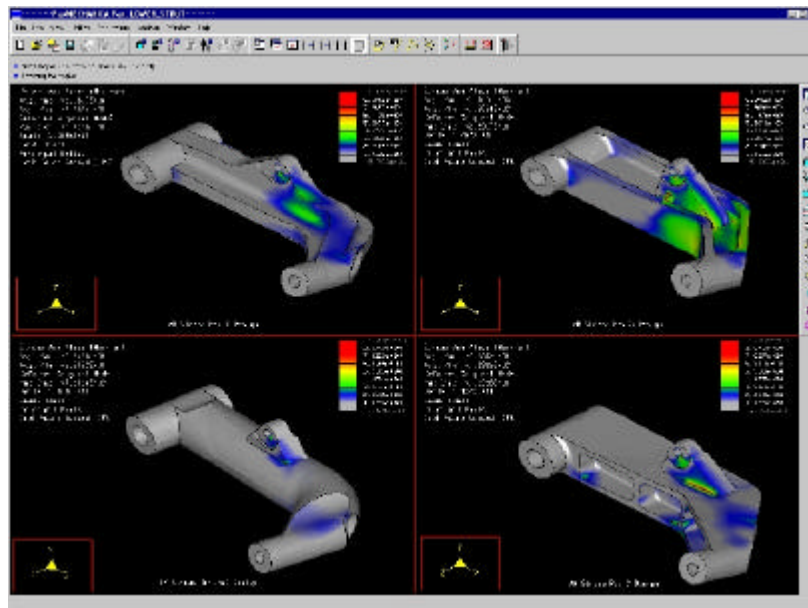


Fig. 1.7 Análisis por elementos finitos.

## Arquitectura e Ingeniería Civil

En este campo la tecnología CAD/CAM se ha venido utilizando desde sus inicios, en principio con aplicaciones 2D de delineación y actualmente con sofisticadas herramientas 3D. Las aplicaciones más habituales del CAD/CAM relacionado con la arquitectura y la ingeniería civil son:

- Librerías de elementos de construcción normalizados
- Diseño arquitectónico.
- Diseño de interiores.
- Diseño de obra civil
- Cálculo de estructuras.
- Mediciones y presupuestos.
- Planificación de procesos.

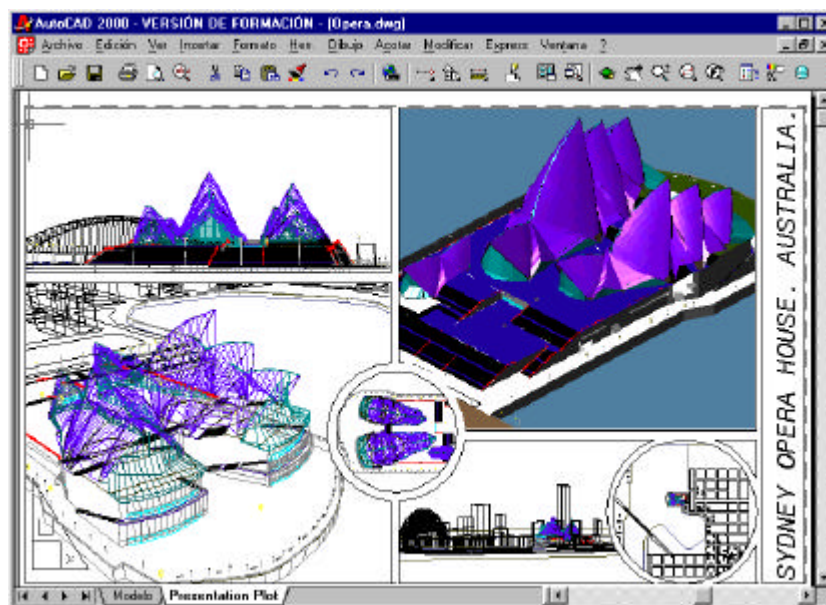


Fig. 1.9 Ingeniería civil

## Sistemas de información geográfica y cartografía

En este campo se están produciendo avances muy significativos propiciados, entre otros factores, por las posibilidades de conexión que aporta la red Internet. La tendencia apunta hacia un paso de los sistemas 2D hacia sistemas 3D, como ha ocurrido antes en otras áreas.

Recientemente, las empresas más importantes del sector han lanzado al mercado sus interpretaciones de SIG para Internet, ejemplos de las cuales se pueden apreciar en la figura 2.7 (aplicación hechas por alumnos de la asignatura SIG de la UJI).

Las aplicaciones más habituales del CAD/CAM relacionado con la cartografía y los Sistemas de Información Geográfica (SIG) son:

- Mantenimiento y producción de mapas y datos geográficos.
- Análisis topográfico.
- Estudios medioambientales.
- Catastro
- Planificación urbana.

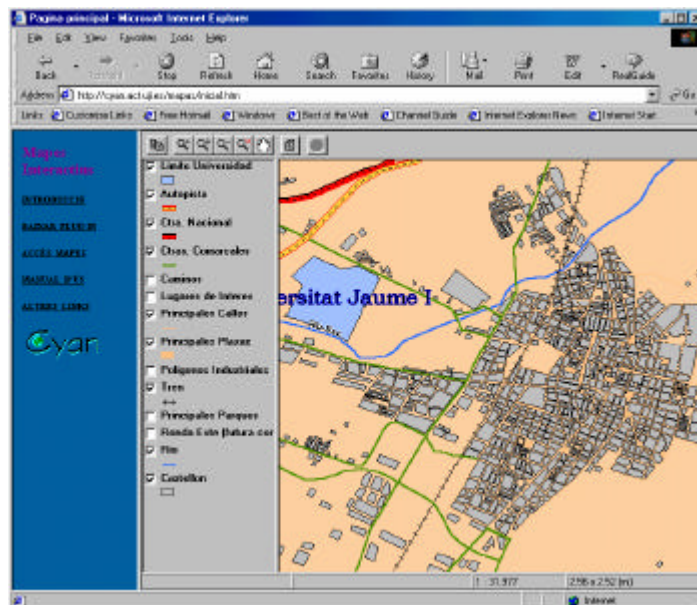


Fig. 1.10 Aplicación de SIG en Internet.

## Ingeniería Eléctrica y electrónica

Las aplicaciones más habituales del CAD/CAM relacionado con la Ingeniería Eléctrica y electrónica son:

- Librerías de componentes normalizados.
- Diseño de circuitos integrados.
- Diseño de placas de circuito impreso
- Diseño de instalaciones eléctricas.
- Análisis, verificación y simulación de los diseños.
- Programación de control numérico para el mecanizado o montaje de placas.

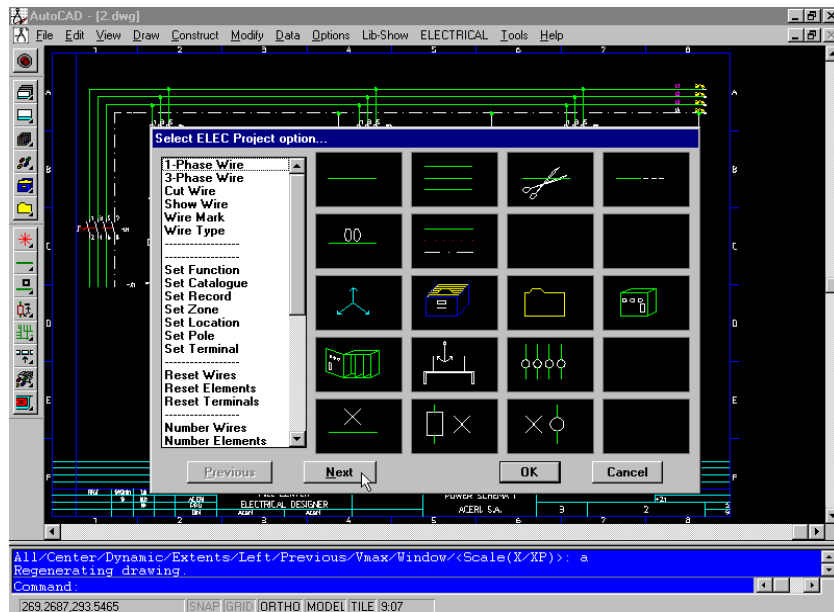


Fig. 1.11 Diseño eléctrico.

## 7. Aplicación.

Para comprender mejor como las técnicas de CAD/CAM permiten incrementar la calidad, rebajar el coste y acortar los procesos, se va a presentar el ejemplo práctico de una aplicación. Este consiste en la fabricación de un mueble para alojar un equipo de audio.

Como especificaciones iniciales el mueble debe tener cuatro alojamientos (reproductores de CD, cassette, radio, amplificador y compartimiento para almacenar CD's y cintas). A partir de estos datos un diseñador realizará varios bocetos utilizando herramientas de dibujo 2D y tratamiento de imágenes. Los resultados se enviarán en soporte electrónico a través de la red (email). El resultado elegido se almacenará en la base de datos del proyecto.

El siguiente paso es determinar las dimensiones del mueble y especificar la geometría de todos los elementos. El tamaño total debe determinarse considerando el tamaño individual de cada espacio para que pueda alojar la mayoría de modelos de los aparatos disponibles en el mercado. Dicha información se puede obtener de los catálogos o las bases de datos de distribuidores o fabricantes (web). La información recopilada puede ser también almacenada en la base de datos para consultas futuras. Con esta información se determinan las dimensiones.

El siguiente paso consiste en elegir el material. Se podría elegir pino, roble, conglomerado, metal, plástico, etc. La elección se basa normalmente en la experiencia y la intuición. En el caso de productos creados para trabajar bajo condiciones estrictas (calor, rozamiento, etc.), se deben considerar las propiedades físicas del material a emplear. Dichas propiedades se almacenan también en la base de datos. Se pueden utilizar herramientas (sistemas expertos) para elegir el material a partir de los requerimientos y de las propiedades de los materiales de la base de datos.

El siguiente paso es determinar el espesor de cada elemento (estantes, laterales, trasera, frontal). Esta elección estará basada en criterios estéticos aunque también se debe considerar que los estantes aguanten el peso típico de los componentes. Cuando existen requerimientos estrictos se utilizan programas de Análisis por elementos finitos (FEM) para determinar las posibles deformaciones. FEM requiere datos geométricos del modelo (mallado). Se evalúa la deformación que produce la carga en función del espesor.

Después se considera el método de ensamblado de las piezas (remaches, encolado, tornillos, etc.). Dependiendo de la rigidez que se quiere dar al conjunto.

Una vez concluida esta fase hay que hacer la documentación de diseño, realizándose planos, instrucciones de montaje, memorias descriptivas, etc. Aquí concluye la fase de diseño y se inicia la fase de fabricación.

Para fabricar el mueble será necesario cortar cada pieza de las que se necesite de una plancha de materia prima. Se pueden minimizar los sobrantes distribuyendo bien las piezas. Se pueden utilizar herramientas de nesting. Para realizar los cortes se deben preparar los programas de control numérico. Estos se realizan de forma semiautomática, a partir de la geometría del modelo almacenada en la base de datos.

Además se pueden utilizar herramientas informáticas para muchas otras tareas como el diseño de herramientas necesarias para realizar la producción, simulación y programación de robots (ensamblado, soldadura, pintura), etc..

## **Trabajos propuestos**

Elegir alguna de las disciplinas presentadas en el punto 6 (o cualquier otra que se considere oportuna) y realizar un estudio y evaluación de las herramientas disponibles en el mercado.