



*Evolución de los softwares de simulación para el Diseño y Construcción en la Industria*

*Evolution of simulation software for Design and Construction in Industry*

*Evolução do software de simulação para projeto e construção na indústria*

Jorge Daniel Mercado- Bautista <sup>I</sup>  
[gmercadobautista@gmail.com](mailto:gmercadobautista@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0001-6055-1670>

**Correspondencia:** [gmercadobautista@gmail.com](mailto:gmercadobautista@gmail.com)

Ciencias técnicas y aplicadas  
Artículo de investigación

**\*Recibido:** 30 de julio de 2020 **\*Aceptado:** 21 de agosto de 2020 **\* Publicado:** 28 de agosto de 2020

- I. Ingeniero Mecánico, Especialista en Diseño Mecánico y Producción con CAD-CAM-CAE aplicado al Sector Industrial, Docente Investigador de la Facultad de Ingenierías en la Universidad Técnica “Luis Vargas Torres” de Esmeraldas, Ecuador.

## Resumen

Las siglas CAE corresponden del inglés Computer Aided Engineering es la disciplina que se encarga del conjunto de programas informáticos que permiten analizar y simular los diseños de ingeniería realizados con el ordenador, o creados de otro modo e introducidos en el ordenador, para valorar sus características, propiedades, viabilidad, y rentabilidad. Las áreas que cubre la Ingeniería asistida por computadora son: Análisis de estrés y dinámica de componentes y ensambles con el empleo de FEA; análisis termal y de fluidos gracias al uso de CFD, sistema multicuerpo (MBD) y cinemática. El diseño con el uso de la CAM (computer-aided manufacturing), implica el uso de computadores y tecnología de cómputo para ayudar en la fase directa de manufactura de un producto. El surgimiento del CAD/CAM ha tenido un gran impacto en la manufactura al normalizar el desarrollo de los productos y reducir los esfuerzos en el diseño, pruebas y trabajo con prototipos. Algunas de las aplicaciones características de la fabricación asistida por computadora son las siguientes: Control numérico computarizado y robots industriales, diseño de dados y moldes para fundición en los que, por ejemplo, se reprograman tolerancias de contracción (pieza II). Ejemplos de este tipo de software son: CAMWorks, CATIA, Fikus Visualcam, GibbsCAM, SprutCAM, Unigraphics, WorkNC y muchos más. El diseño asistido por computadora es necesario para manejar tanto CAM como CAE, debido a que ambos sistemas requieren un modelo para llevar a cabo ya sea el análisis o la manufactura.

**Palabras clave:** software; diseño; simulador; industria; productividad.

## Abstract

The acronym CAE corresponds to the English Computer Aided Engineering is the discipline that is in charge of the set of computer programs that allow to analyze and simulate engineering designs made with the computer, or created in another way and entered in the computer, to assess their characteristics, properties, feasibility, and profitability. The areas covered by Computer Aided Engineering are: Stress analysis and dynamics of components and assemblies with the use of FEA; Thermal and fluid analysis thanks to the use of CFD, multibody system (MBD) and kinematics. The design with the use of CAM (computer-aided manufacturing), involves the use of computers and computer technology to assist in the direct manufacturing phase of a product. The emergence of CAD / CAM has had a great impact on manufacturing by standardizing product development and reducing efforts in design, testing and work with prototypes. Some of the characteristic applications of computer-aided

manufacturing are the following: Control computerized numerical and industrial robots, die design and foundry molds in which, for example, shrinkage tolerances are reprogrammed (part II). Examples of this type of software are: CAMWorks, CATIA, Fikus Visualcam, GibbsCAM, SprutCAM, Unigraphics, WorkNC and many more. Computer-aided design is necessary to handle both CAM and CAE, since both systems require a model to carry out either analysis or manufacturing.

**Keywords:** software, design, simulator, industry, productivity.

## Resumo

A sigla CAE corresponde ao inglês Computer Aided Engineering é a disciplina responsável pelo conjunto de programas de computador que permitem analisar e simular projetos de engenharia feitos com o computador, ou criados de outra forma e inseridos no computador, para avaliação de suas características, propriedades, viabilidade e lucratividade. As áreas abrangidas pela Engenharia Assistida por Computador são: Análise de tensões e dinâmica de componentes e montagens com o uso de FEA; Análise térmica e fluida graças ao uso de CFD, sistema multicorpo (MBD) e cinemática. O projeto com a utilização de CAM (manufatura auxiliada por computador), envolve o uso de computadores e tecnologia de informática para auxiliar na fase de fabricação direta de um produto. O surgimento do CAD / CAM teve um grande impacto na manufatura ao padronizar o desenvolvimento do produto e reduzir os esforços de projeto, teste e trabalho com protótipos. Algumas das aplicações características da manufatura auxiliada por computador são as seguintes: Controle robôs numéricos e industriais computadorizados, desenho de matrizes e moldes de fundição em que, por exemplo, as tolerâncias de encolhimento são reprogramadas (parte II). Exemplos deste tipo de software são: CAMWorks, CATIA, Fikus Visualcam, GibbsCAM, SprutCAM, Unigraphics, WorkNC e muitos mais. O projeto auxiliado por computador é necessário para lidar com CAM e CAE, uma vez que ambos os sistemas exigem um modelo para realizar a análise ou a fabricação.

**Palavras-chave:** software, design, simulador, indústria, produtividade.

## Introducción

El diseño asistido por computadora también conocido como CAD por las siglas de su nombre en inglés Computer-Aided Design. El Diseño Asistido por Computadora consiste en la utilización de programas utilizando un ordenador con la finalidad de crear, modificar, analizar, optimizar y documentar representaciones gráficas bidimensionales y

tridimensionales de objetos reales o en proyecto. El CAD se emplea para aumentar y optimizar la productividad del diseñador, con el objetivo de perfeccionar la calidad de los diseños, así como también mejorar las comunicaciones a través de la documentación y crear una base de datos para la producción. El Diseño Asistido por Computadoras se puede considerar como habilidad del dibujo técnico. Además, se utiliza en los efectos especiales en los medios y en la animación por ordenador, así como en el diseño de productos y diseño industrial.

El CAD se divide básicamente en programas de dibujo 2D (bidimensional) y de modelado 3D (tridimensional). Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.

Esta herramienta con la utilización de computadoras, mejora la elaboración, desarrollo y diseño de los productos. Con este programa se dibuja y por consiguiente se fabrican los productos con mayor precisión, generando menor precios, eficacia, y en menor tiempo. Estos programas destinados a diseños asistidos, los proyectos se guardan en la computadora, con el propósito de mejorarlos, compartirlos o perfeccionarlos.

Con el diseño asistido por computadora se puede producir productos complejos que serían prácticamente imposibles de realizar por el hombre. En la industria es donde mayor impacto ha tenido el diseñar por medio de la computadora, ya que aumenta la producción, la perfección y la precisión con la que se fabrican los productos. En el área de la construcción revolucionó completamente el proyecto de edificaciones, ya que es más rápido y preciso en su elaboración de planos bidimensionales y modelos tridimensionales.

## **Desarrollo**

### **Evolución de los softwares de simulación para el diseño y construcción en la industria**

Anteriormente estos programas se restringían a aplicaciones centradas en el dibujo técnico bidimensionales que sustituían el tradicional tablero de dibujo, ahora brinda ventajas para la reproducción y conservación de los planos, así como la reducción del tiempo para dibujar, permitiendo además usar elementos repetitivos y agilizar los cambios. Se podría contrastar a las ventajas de los primeros procesadores de textos frente a la máquina de escribir.

Sus inicios se vieron apaciguados por estar destinados a un grupo de beneficiarios reducido y requerían, asimismo, de un equipo de computación muy potente. Por no hablar de la resistencia de muchos profesionales a adoptar estas tecnologías. Pero su potencial, el

incremento de energía del equipo de computación y la importancia de las organizaciones que los usaban permitieron que poco a poco estas herramientas alcanzaran las tres dimensiones y fueran incluyendo curvas complejas, superficies y, posteriormente, cuerpos sólidos. Hasta llegar a los complejos sistemas asociativos y paramétricos que permiten realizar todo el diseño de un de una edificación, automóvil o un avión, someterlos a pruebas de choque, temperaturas, entre otras, realizar toda la infografía de marketing, realizar prototipos y, por supuesto, fabricarlos o construirlos, programando y controlando las máquinas que los producen y comprobando después los resultados obtenidos.

Actualmente los softwares están conectados a los sistemas de gestión y elaboración de tal forma que ya desde la fase de diseño se puede saber el valor del producto final, controlar los stocks de componentes y materiales para su producción y, en fin, todo lo que uno pueda imaginar. Anteriormente solo era la representación de un plano en pantalla y hora es un modelo virtual del cual se obtienen datos, proyectan otros modelos, lo adaptan, lo imprimen, y hasta llegar a la fase de fabricarlo. Los sistemas de expertos permiten recoger reglas y normas de forma que el sistema guíe al usuario en la toma de decisiones. Y ahora se persigue recoger el conocimiento y la experiencia del usuario y que el sistema aprenda, teniendo en cuenta estética, ingeniería, fabricación y calidad.

### **Herramientas de diseño asistido**

Se denomina herramientas de diseño asistido a un grupo de herramientas que permiten el diseño asistido por un computador. Es habitual utilizar las siglas CAD, del inglés Computer Aided Design, para designar al conjunto de herramientas de software orientadas fundamentalmente, al diseño (CAD), la fabricación (CAM) y el análisis (CAE) asistidos por computadora en los ámbitos científico e industrial.

Al pasar de los años la utilidad de los programas de dibujo asistido por computadora en la ingeniería son indispensables. Martín (2017) expresa que “el diseño de productos implica la integración de métodos computacionales y de ingeniería en un sistema basado en los procesadores informáticos”, es decir, que la combinación entre ingeniería y sistemas informáticos se traduce en un espectacular ahorro en el tiempo de progreso del proyecto.

### **Diseño asistido por computador (CAD):**

De acuerdo a Rojas y Rojas (2006) el CAD “es una técnica de análisis, una manera de crear un modelo del comportamiento de un producto aun antes de que se haya construido. Los

dibujos en papel pueden no ser necesarios en la fase del diseño”. El diseño asistido por computadora CAD por las siglas de su nombre en inglés computer-aided design es el uso de ordenadores para ayudar en la creación, modificación, análisis u optimización de un diseño. El software CAD se utiliza para aumentar la productividad del diseñador, mejorar la calidad del diseño, mejorar las comunicaciones a través de la documentación y crear una base de datos para la fabricación. La salida CAD a menudo se presenta en forma de archivos electrónicos para impresión, mecanizado u otras operaciones de fabricación. También se puede considerar al CAD como una técnica de dibujo.

Estas herramientas se pueden dividir básicamente en programas de dibujo 2D y de modelado 3D. Las herramientas de dibujo en 2D se basan en entidades geométricas vectoriales como puntos, líneas, arcos y polígonos, con las que se puede operar a través de una interfaz gráfica. Los modeladores en 3D añaden superficies y sólidos.

El CAD fue principalmente inventado por un francés, Pierre Bézier, ingeniero de los Arts et Métiers ParisTech. El ingeniero desarrolló los principios fundamentales del CAD con su programa UNISURF en 1966.

El usuario puede asociar a cada entidad una serie de propiedades como color, capa, estilo de línea, nombre, definición geométrica, material, etc., que permiten manejar la información de forma lógica. Además se pueden renderizar a través de diferentes motores o softwares como V-Ray, Maxwell Render, Lumion, Flamingo, entre los que son pagados, hay algunos de licencia free and open source como por ejemplo el Kerkythea y Acis, entre los más usados, son modeladores 3D para obtener una previsualización realista del producto, aunque a menudo se prefiere exportar los modelos a programas especializados en visualización y animación, como Autodesk Maya, Autodesk Inventor, SolidWorks, Bentley MicroStation, Softimage XSI o Cinema 4D y la alternativa libre y gratuita Blender, capaz de modelar, animar y realizar videojuegos.

### **Ingeniería asistida por computadora (CAE):**

Las siglas CAE corresponden del inglés Computer Aided Engineering es la disciplina que se encarga del conjunto de programas informáticos que permiten analizar y simular los diseños de ingeniería realizados con el ordenador, o creados de otro modo e introducidos en el ordenador, para valorar sus características, propiedades, viabilidad, y rentabilidad. Su finalidad es optimizar su desarrollo y consecuentes costos de fabricación, y reducir al máximo las pruebas para la obtención del producto deseado. Las bases de todas ellas se presentan

como módulos o extensiones de aplicaciones CAD, que incorporan: Análisis cinemático, análisis por el método de elementos finitos (FEM, Finite Elements Method), maquinado por control numérico CNC (Computered Numeric Control), de exportación de ficheros "Stl" (Estereolitografía) para máquinas de prototipado rápido y CAD. En la figura 1 se muestra un ejemplo de programa simulación digital.

**Figura 1.** Simulación digital del impacto de un vehículo.



Los siguientes parámetros son usados frecuentemente en la ingeniería mecánica para simulaciones CAE: Temperatura, presión, interacciones de los componentes y fuerzas aplicadas. La mayoría de los parámetros que se utilizan para la simulación están basados en el ambiente y en las interacciones que el modelo debería experimentar una vez que empiece a operar. Estos son introducidos en el programa CAE como una manera de ver si la pieza examinada podría manejar, teóricamente, las limitaciones del diseño. Los sistemas CAE pueden asistir a los negocios. Esto ocurre cuando se usan arquitecturas de referencia y sus capacidades para colocar información en el proceso del negocio. La arquitectura de referencia es la base del modelo de información, especialmente del producto y de la manufactura.

Las áreas que cubre la Ingeniería asistida por computadora son:

- Análisis de estrés y dinámica de componentes y ensambles con el empleo de FEA;
- Análisis termal y de fluidos gracias al uso de CFD;
- Sistema multicuerpo (MBD) y cinemática;
- Herramientas de análisis para simulación de procesos y para procesos de fabricación;
- Optimización del proceso de documentación;
- Optimización del desarrollo del producto y

- Verificación inteligente de las inconformidades.

En general, existen tres fases en cualquier tarea de ingeniería asistida por computadora:

- Pre-proceso: definir el modelo, así como los factores ambientales que se le aplicarán.
- Análisis que resuelva el problema.
- Pos-procesamiento de resultados.

Los programas de ingeniería incluyen Abaqus, Ansys, MSC Adams Car, y muchos más. Los sistemas CAD exportan modelos a programas de ingeniería para análisis de prototipos virtuales.

### **Fabricación Asistida por Computadora (CAM):**

La fabricación asistida por computadora, también conocida por las siglas en inglés CAM (computer-aided manufacturing), implica el uso de computadores y tecnología de cómputo para ayudar en la fase directa de manufactura de un producto, es un puente entre el Diseño Asistido por Computadora CAD y el lenguaje de programación de las máquinas y herramientas con una intervención mínima del operario. Es parte de los Sistemas de planificación del proceso y la producción CAPP, que incluyen calendarización, administración y control de calidad.

Debido a sus ventajas, se suele combinar el diseño y la fabricación asistidos por computadora en los sistemas CAD/CAM. Esta combinación permite la transferencia de información desde la etapa de diseño a la etapa de fabricación de un producto, sin necesidad de volver a capturar manualmente los datos geométricos de la pieza. La base de datos que se desarrolla durante el CAD es procesada por el CAM, para obtener los datos y las instrucciones necesarias para operar y controlar la maquinaria de producción, el equipo de manejo de material y las pruebas e inspecciones automatizadas para establecer la calidad del producto.

Una función de CAD/CAM importante en operaciones de mecanizado, es la posibilidad de describir la trayectoria de la herramienta para diversas operaciones, como por ejemplo torneado, fresado y taladrado con control numérico. Las instrucciones o programas se generan en computadora, y pueden modificar el programador para optimizar la trayectoria de las herramientas. El ingeniero o el técnico pueden entonces mostrar y comprobar visualmente si la trayectoria tiene posibles colisiones con prensas, soportes u otros objetos.

En cualquier momento es posible modificar la trayectoria de la herramienta para tener en cuenta otras formas de piezas que se vayan a mecanizar. También, los sistemas CAD/CAM



son capaces de codificar y clasificar las piezas que tengan formas semejantes en grupos, mediante codificación alfanumérica.

Algunos ejemplos de CAM son: el fresado programado por control numérico, la realización de agujeros en circuitos automáticamente por un robot, y la soldadura automática de componentes SMD en una planta de montaje.

El surgimiento del CAD/CAM ha tenido un gran impacto en la manufactura al normalizar el desarrollo de los productos y reducir los esfuerzos en el diseño, pruebas y trabajo con prototipos. Esto ha hecho posible reducir los costos de forma importante, y mejorar la productividad. Por ejemplo, el avión bimotor de pasajeros Boeing 777 fue diseñado en su totalidad en computadora con 2000 estaciones de trabajo conectadas a ocho computadoras. Este avión se construye de forma directa con los programas CAD/CAM desarrollados, y no se construyeron prototipos ni simulaciones, como los que se requirieron en los modelos anteriores. En la figura 2 se puede distinguir un disco de cromo-cobalto con coronas para implantes dentales mecanizados usando el software WorkNC Dental de fabricación asistida por computadora.

**Figura 2.** Disco de cromo-cobalto con coronas para implantes dentales mecanizados usando el software WorkNC Dental de fabricación asistida por computadora



El programa de Fabricación Asistida por Computador y su empleo en las máquinas de control numérico se define como el código detrás de las máquinas que manufacturan los productos. Las máquinas de control numérico (CNC, por sus siglas en inglés). Las máquinas CNC incluyen: fresadoras, tornos, grabadoras, lijadoras de superficies, soldadoras y electroerosión o manufactura por descarga eléctrica.

Todo aquello que se le pediría a un operador con máquinas herramientas convencionales es susceptible de programación con las máquinas CNC. CAM provee instrucciones paso a paso

para las máquinas herramienta, de manera que se complete la fabricación del producto. Antes de CAM, un maquinista tenía que capturar las instrucciones en el código antes de implementar el programa. Esta introducción manual podía ser muy laboriosa, dependiendo de la complejidad del producto final. CAM simplificó el proceso gracias a la incorporación de un programa inteligente que desarrollara el código basado en la plataforma de interfaz gráfica de usuario (GUI, por sus siglas en inglés). Esto hizo que la escritura del código de fabricación fuera más sencilla, casi solo hay que hacer clic en el botón del proceso deseado y entonces se generará el código para la máquina CNC.

### **Aplicaciones del CAD**

Algunas de las aplicaciones características de la fabricación asistida por computadora son las siguientes:

- Control numérico computarizado y robots industriales
- Diseño de dados y moldes para fundición en los que, por ejemplo, se reprograman tolerancias de contracción (pieza II).
- Diseño de herramientas y sopones, y electrodos para electroerosión.
- Calidad e inspección; por ejemplo, máquinas de medición por coordenadas programadas en una estación de trabajo CAD/CAM.
- Planeación y calendarización de proceso.
- Distribución de planta.

Ejemplos de este tipo de software son: CAMWorks, CATIA, Fikus Visualcam, GibbsCAM, SprutCAM, Unigraphics, WorkNC y muchos más.

Los programas CAD pueden alcanzar lo siguiente:

- Incrementar la productividad del ingeniero
- Mejorar la calidad del diseño
- Mejorar la comunicación a través de la documentación
- Crear una base de datos para la manufactura.

Los profesionales que emplean el Diseño Asistido por Computadora en su trabajo son los arquitectos, ingenieros civiles, ingenieros eléctricos, gestores de edificios, diseñadores de interiores, ingenieros mecánicos, ingenieros estructurales, agrimensores, ingenieros industriales, ingenieros acústicos, ingenieros de protección contra incendios, diseñadores de espacios para servicios de alimentación, entre muchas personas más. El CAD es utilizado en muchas organizaciones desde la aeroespacial, automotriz, textil y electrónica, entre otras

muchas. El diseño asistido por computadoras permite que las empresas exploren sus ideas modeladas antes de llevar a cabo un prototipo físico. Sobre todo, estos programas son usados por ingenieros ya que son los más activos con los diseños.

## Conclusiones

El éxito en la utilización de sistemas CAD radica en la reducción de tiempo invertido en los ciclos de exploración. Fundamentalmente por el uso de sistemas gráficos interactivos, que permiten realizar las modificaciones en el modelo y observar inmediatamente los cambios producidos en el diseño.

El diseño asistido por computadora es necesario para manejar tanto CAM como CAE, debido a que ambos sistemas requieren un modelo para llevar a cabo ya sea el análisis o la manufactura. CAE requiere el modelo geométrico para determinar la red nodal integrada que se usa en el análisis. Por su parte, para CAM es primordial la geometría de la pieza para establecer las rutas y los cortes de la máquina herramienta. Ambas requieren CAD, si bien CAD puede ser una herramienta utilizada como un sistema solo para llevar a cabo modelos virtuales de ingeniería.

CAD es la columna vertebral tanto de CAM como de CAE, y es necesaria para que funcionen adecuadamente. Cada programa es una herramienta poderosa para ingenieros y maquinistas, pues los tres facilitan el trabajo diario y lo hacen más eficiente. Emplearlos adecuadamente podría suministrar grandiosos beneficios para los individuos y para las organizaciones que los utilicen.

## Referencias

1. Martín, D. (2017). Dibujo con Autocad. Editorial Gómez-Pardo. Madrid, España ISBN: 978-84-606-9856-2. Documento en línea. Disponible en: [http://oa.upm.es/50865/1/Curso\\_AutoCAD.pdf](http://oa.upm.es/50865/1/Curso_AutoCAD.pdf)
2. MAYNARD, Manual de Ingeniería y Organización Industrial, Tercera edición, Editorial Reverté, España, 1998
3. RIOS-RIOS, Simulación Métodos y Aplicaciones Editorial Aflaomega ra-ma, México, 1999.
4. Rojas, O. y Rojas L. (2006). Diseño asistido por computador. Revista diseño y tecnología. Documento en línea. Disponible en:

<file:///C:/Users/Usuario/Downloads/5709-Texto%20del%20art%C3%ADculo-19773-1-10-20140318.pdf>

5. SHELDON, Ross, Simulación, Segunda Edición, Editorial Prentice may, México, 1999.
6. SHANON, Robert, Simulación de Sistemas Diseño, Desarrolle e Implementación,
7. TORANZOS, Fausto: Estadística, Editorial Kapelusz, Argentina, 1968 MANUALES v TAMAYO-ESPARZA-CAICEDO, Instructivo para operaciones y procesos, IANCEM, 1999

©2020 por los autores. Este artículo es de acceso abierto y distribuido según los términos y condiciones de la licencia Creative Commons Atribución-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional (CC BY-NC-SA 4.0) (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>).