



Cuando ADA LOVELACE describió la máquina analítica en sus *Notas*, ni siquiera se había construido todavía. En realidad lo que ADA "adivinó" es lo que la máquina podría hacer, es decir, simuló su comportamiento. Y no se quedó ahí, si no que realizó el diseño, desarrolló la captación de datos mediante tarjetas perforadas y explicó como sería su funcionamiento.

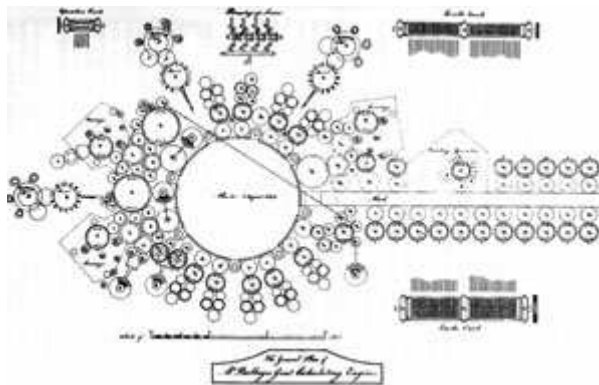
*"Esta máquina puede hacer cualquier cosa que sepamos cómo ordenarle que la ejecute."*



Img 0-A. Ada Lovelace

Imagen Wikipedia (public domain)

¿Podríamos decir que además de la primera programadora de la historia es también la precursora de la simulación de sistemas automáticos? No nos atrevemos a realizar una afirmación tan importante, pero lo que está claro es que ADA LOVELACE utilizó como base de sus investigaciones lo que hoy conocemos como sistemas de CAD, CAM y CAE y utilizamos en la simulación de sistemas automáticos.



Img 0-B. Planos de la CPU de la máquina analítica

Imagen obtenida en [secide.com](http://secide.com) con licencia GNU



Img 0-C. Máquina analítica de Babbage

Imagen obtenida en [RedPizarra.org](http://RedPizarra.org) con licencia GNU

# 1. ¿Qué es la simulación de sistemas?



A lo largo del tema, aprenderás la definición, las aplicaciones y las características de la simulación de sistemas. Pero hay que empezar por el principio: ¿sabes que es un sistema?



## Actividad de lectura

Un **sistema** es:

- ▶ Un conjunto de cosas que relacionadas entre sí ordenadamente contribuyen a determinado objeto (R.A.E.).
- ▶ Un conjunto de partes o elementos organizadas y relacionadas que interactúan entre sí para lograr un objetivo. Los sistemas reciben (entrada) datos, energía o materia del ambiente y proveen (salida) información, energía o materia. Un sistema puede ser físico o concreto (una computadora, un televisor, un humano) o puede ser abstracto o conceptual (un software) (Alegsa).
- ▶ Es una combinación de elementos o componentes interrelacionados, y relacionados con el entorno, que actúan juntos para lograr un cierto objetivo.

Estas definiciones son similares. Sin embargo, en cada una de ellas aparecen aspectos fundamentales a la hora de realizar la simulación de un sistema. ¿Eres capaz de identificarlos?

## 1.1 Definición de simulación



Para definir el concepto de simulación de sistemas automáticos, es necesario entender los **objetivos** que se pretenden alcanzar:

1. Estudiar el comportamiento de un sistema.
2. Postular teorías o hipótesis que expliquen su comportamiento.
3. Utilizar esas teorías para predecir el comportamiento futuro del sistema, es decir, cómo reaccionaría el sistema ante diferentes cambios.

Teniendo en cuenta estos objetivos, la simulación de sistemas se puede definir de la siguiente forma:



### Importante

La **simulación** de un sistema es el proceso de diseñar un modelo de un sistema real con la finalidad de comprender el comportamiento del sistema o evaluar su funcionamiento.

La evolución de los sistemas informáticos ha permitido afrontar la resolución de problemas matemáticos y físicos que de forma analítica sería prácticamente imposible. De este modo, mediante la simulación podemos generar sólidos de aspecto real, probar su comportamiento en diversas condiciones de trabajo, traspasar los límites sin ningún perjuicio, estudiar el movimiento conjunto de grupos de sólidos, etc. Es decir, la simulación permite el estudio un sistema incluso antes de que exista físicamente.

¿Por qué es importante la simulación?	¿Por qué es útil la simulación?
<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Porque es la única técnica que permite prever el comportamiento del sistema ante diferentes situaciones.</li><li>✓ Porque permite evaluar la sensibilidad del sistema a cambios en sus parámetros.</li><li>✓ Porque puede mejorar los procesos productivos reales.</li><li>✓ Porque permite la experimentación en condiciones difíciles para el sistema real.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>✓ Sirve para determinar si un sistema proyectado se puede construir.</li><li>✓ Permite eliminar riesgos en la experimentación real.</li><li>✓ Permite reducir los costes de la experimentación real.</li><li>✓ Permite suprimir o cambiar las perturbaciones que pueden afectar al sistema.</li></ul>



### Autoevaluación







Para comprender la importancia y utilidad de la simulación de sistemas, te proponemos que reflexiones sobre los siguientes casos. Identifica en cada uno de ellos su cualidad más importante.

1. Amueblar una cocina.
2. Realizar una pieza torneada.
3. Diseñar un circuito impreso.

## 1.2 Aplicaciones de la simulación de sistemas



La simulación de sistemas es una de las herramientas más utilizadas en la ingeniería industrial e igual de importante es en el ámbito cotidiano.

		
Img 1. Diseño y decoración Imagen de <a href="#">Decora</a>	Img 2. Construcción de infraestructuras Imagen de <a href="#">Google SketchUp</a>	Img 3. Simulador quirúrgico Imagen de <a href="#">Portalmédi</a>
		
Img 4. Simulador de vuelo Imagen de <a href="#">Tecnyo</a>	Img 5. Control numérico Imagen de <a href="#">Siemens</a>	Img 6. Compositor dig Imagen de <a href="#">eduteka</a>

¿Te parecen muchas aplicaciones? Esto es sólo una muestra que comprende diferentes campos, pero la simulación de sistemas está presente hoy en día muchas más actividades de las que podamos imaginar.

Sin embargo, la aplicación de la simulación de sistemas automáticos en el ámbito industrial, se centra en conseguir los objetivos del diseño, es decir, mejorar la utilización real, obtener un costo competitivo y minimizar las pruebas. La consecución de estos objetivos se realiza a través de la aplicaciones de CAD, CAM y CAE.



### Autoevaluación

En el párrafo anterior hemos incluido tres acrónimos. Como ya estás acostumbrado, te resultará sencillo averiguar su significado y será la introducción al siguientes punto.

1.- C.A.D. 2.- C.A.M. 3.- C.A.E.

## 2. Tipos de simulación de sistemas



La simulación de sistemas automáticos ha cambiado la industria desde las fases de diseño y análisis hasta los procesos de producción.

	<b>CAD (diseño asistido por ordenador)</b> Simplifica las operaciones de diseño y permite trabajar en 2D y 3D.
	<b>CAM (fabricación asistida por ordenador)</b> Ahorra recursos, tiempo y costos de producción.
	<b>CAE (ingeniería asistida por ordenador)</b> Representa el uso de las aplicaciones anteriores siguiendo un modelo ingenieril.

Desde la detección de la necesidad de un producto hasta el proceso de marketing y comercialización, se incluyen muchas actividades que pueden utilizar el ordenador como herramienta. La concepción y el diseño del producto, la planificación y la fabricación, el análisis y el control de calidad, pueden realizarse aplicando los sistemas de simulación de CAD, CAM y CAE.

La integración de estos sistemas en una empresa o en alguna de sus áreas recibe el nombre de **fabricación integrada por ordenador** o **CIM**.



### Importante

El **diseño asistido por ordenador** (CAD) comprende el uso de herramientas informáticas para definir objetos reales o virtuales, en dos dimensiones (espacios y superficies) o en tres dimensiones (sólidos).

Los antecedentes del CAD se remontan a la primera generación de ordenadores y su evolución ha sido pareja al desarrollo de éstos. En la siguiente línea del tiempo puedes ver la historia del CAD completa.



## Autoevaluación

¿Has prestado atención a la línea del tiempo? Demuéstralo ahora completando las siguientes frases.

1. El primer programa gráfico interactivo se llama .
2. Una de las primeras empresas que utilizó el CAD fue  .
3. El primer sistema CAD/CAM se desarrolló en .
4. La empresa Autodesk se fundó en .
5. El programa de creación de sólidos que se presentó en 1995 se llama .
6. AutoCAD 2002 está orientado a .



**Comprobar**




El uso de programas de CAD se ha extendido a todos los sectores de la sociedad, desde las grandes empresas hasta el entorno doméstico. Sin embargo, una de sus principales desventajas de este software es el alto coste que tiene. Por este motivo, el software de código libre se ha convertido en una alternativa en los programas de CAD.

En la actualidad, el CAD va mucho más allá de dibujos de planos y redacción técnica, y su gran versatilidad comprende aspectos tales como:

- Los dibujos pueden contener información adicional como símbolos, materiales, procesos, dimensiones y normalización.
- Permite crear imágenes, circuitos, uniones, ensamblajes y asignar propiedades geométricas, físicas, dinámicas.
- Existen aplicaciones de arquitectura, mecánicas, electrónicas, etc..

<p>Autodesk es la compañía que domina el mercado del <b>software de propietario</b> desde que lanzó su primer producto Autocad. Con numerosas versiones, se considera el software más completo de CAD hoy en día, aunque únicamente se ejecuta en entorno Windows.</p> <p style="text-align: center;"><a href="#">Autodesk</a></p>	 <p>Img 7. Autocad 2010 Imagen de <a href="#">Cad-es.com</a> con licencia CC</p>
<p>En cuanto al diseño 3D y el modelado de sólidos, destaca el software SolidWorks. Desde que se creó la primera versión en 1995, se ha convertido en la herramienta más utilizada por diseñadores e ingenieros.</p> <p style="text-align: center;"><a href="#">SolidWorks</a></p>	 <p>Img 8. SolidWorks Imagen de <a href="#">Cad-es.com</a> con licencia CC</p>

<p>En cuanto a las alternativas de <b>software libre</b> y sistemas multiplataforma, podemos encontrar algunas como las que te proponemos a continuación. Ningún programa es tan avanzado como Autocad, pero se pueden ejecutar en LINUX y en UBUNTU.</p> <p>Dentro de este grupo de programas, destacamos QCAD ya que tiene licencia GLP. Aunque fue desarrollado por <i>RibbonSoft</i>, esta empresa liberó una versión que está actualmente en desarrollo. Es un sistema multiplataforma y permite la incorporación de archivos DXF.</p>  <p style="text-align: center;">Img 9. Logo <a href="#">Qcad</a>. Imagen de <a href="#">Ribbonsoft</a></p>	<p><a href="#">qCAD</a> (aplicación CAD para 2D multiplataforma)</p>
	<p><a href="#">BlenderCAD</a> (script para usarse con Blender)</p>
	<p><a href="#">PythonCAD</a> (aplicación en Python para 2D)</p>
	<p><a href="#">SagCAD</a> (completo software CAD/CAM)</p>
	<p><a href="#">CADEMIA</a> (CAD de código abierto multiplataforma que corre sobre Java)</p>
<p><a href="#">NttCAD</a> (programa multiplataforma que corre sobre Java)</p>	





## Para saber más

Una de las características de los programas de CAD, es el formato de los archivos.

- **DWG**: proviene de *Drawing* y es la extensión de los archivos de Autocad y está registrado por Autodesk. No permite la interoperabilidad entre programas, ni siquiera entre distintas versiones de Autocad.

- **DXF**: la extensión *Drawing eXchange File* también está registrada por Autodesk y se creó para hacer los archivos intercambiables. Sin embargo, ha perdido esta característica con el paso del tiempo.



En los siguientes artículos publicados en el blog [bitacoravirtual.cl](http://bitacoravirtual.cl) (con licencia CC), se recoge información actual sobre estos formatos y su utilización en GNU-Linux, tema que ha llevado a los tribunales a la empresa Autodesk y a OPA (*Open Desing Alliance*). También puedes encontrar programas que convierten estos formatos de archivo.

[Manipulando archivos DWG en GNU-Linux \(1º parte\)](#)

[Manipulando archivos DWG en GNU-Linux \(2º parte\)](#)

[Manipulando archivos DWG en GNU-Linux \(3º parte y final\)](#)

Como el objetivo del tema no es que te conviertas en un diseñador gráfico con un programa de CAD, no te vamos a pedir que realices dibujos, planos u objetos. Pero todos los programas de CAD tienen una serie de **utilidades y herramientas** comunes que debes conocer.



Además de estas herramientas, los programas de CAD incluyen otro tipo de **funciones** como son:

Puntos de entidades	Son puntos geométricos significativos de entidades ya dibujadas (punto medio, punto final, centro, o tangente).
Trabajo con capas	En cada una de ellas se pueden establecer colores y líneas de diferentes tipos. Pueden visualizarse, ocultarse o bloquear su contenido. Las capas son muy utilizadas en planos de edificios puesto que facilitan el trabajo ya que permiten la realización del dibujo por secciones (muros, instalaciones, mobiliario, etc.).
Medida y acotación	Es una función fundamental en dibujo técnico y además permite múltiples opciones.
Representación en tres dimensiones	La mayoría disponen de la opción de utilizar los tres ejes (x, y, z) y dibujar así en tres dimensiones.
Inserción de bloques	Existen librerías de objetos y piezas especializadas en distintos sectores que se insertan como bloques en los dibujos. Por ejemplo, podemos encontrar muebles, perfiles metálicos, materiales, estructuras, etc.

## Autoevaluación

Indica a qué grupo de herramientas (dibujo, modificar o propiedades) corresponden las siguientes acciones:

1) Realizar desplazamientos, rotaciones y transformaciones de objetos.	<input type="text"/>
2) Crear líneas, polilíneas, círculos o arcos y otros elementos como texto, tablas o sombreado.	<input type="text"/>
3) Modificar capas, bloques, líneas, etc.	<input type="text"/>

**Comprobar**



## Curiosidad

El CAD ha dejado de estar en manos de ingenieros, arquitectos y diseñadores gráficos para pasar a nuestras manos.

En el siguientes artículo encontrarás una interesante aplicación del mando de la consola Wii al diseño con CAD.



[Diseño por computadora con un mando wii](#)



### Importante

La **fabricación asistida por ordenador** (CAM) comprende el uso de programas y tecnologías que afectan a las distintas fases de la fabricación de un producto (planificación, producción, administración y control de calidad) mediante los ordenadores.

Son programas asociados a la automatización de máquinas y se suelen comercializar con la propia máquina. Se aplican a máquinas como tornos, fresadoras, prensas, soldadores y herramientas para aplicaciones específicas. Los más complejos pueden llegar a controlar varias máquinas y a establecer una secuencia de operaciones. También pueden incluir procesos de verificación del objeto terminado atendiendo a una tolerancia.

	<p><u>Ventajas</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Eliminación de errores del operador.</li> <li>- Reducción de costes de mano de obra.</li> <li>- Precisión constante y uso óptimo del equipo.</li> </ul>		<p><u>Inconvenientes</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Mayores costes de bienes de capital.</li> <li>- Implicaciones sociales debido a aspectos laborales.</li> </ul>
------------------------------------------------------------------------------------	-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	------------------------------------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------



### Autoevaluación

Sobre la definición y las ventajas e inconvenientes del CAM:

1) Los programas de CAM afectan solamente al proceso de planificación de un producto.

Verdadero  Falso

2) Los programas de CAM son independientes de las máquinas que automatizan.

Verdadero  Falso

3) Las principales ventajas del CAM son la eliminación de errores y la precisión constante.

Verdadero  Falso

Hay tres grandes grupos de programas de CAM, que se diferencian por la forma de trabajar con la máquina.

### **CNC (control numérico por ordenador)**

Bajo este nombre se engloban los dispositivos capaces de controlar la operación de una máquina herramienta a través de una serie de instrucciones codificadas de forma automática. El CNC es el máximo exponente de la automatización de los procesos industriales.



Img 10. Torno de control numérico

Imagen de [Wikipedia](#) con licencia GNU

### **DNC (control numérico directo)**

Este sistema se basa en la unión de un ordenador a varias máquinas CNC para recibir información de ellas y mejorar la administración de la fabricación. Un ejemplo de este tipo de información puede ser el conteo de piezas, el tiempo en desuso de la máquina o la información sobre el control de calidad.

### **PLC (control lógico programable)**

Son ordenadores específicamente diseñados para realizar el control de procesos de fabricación. No sólo controlan la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, sino que también pueden realizar un amplio rango de tareas de automatización.



Img 11. Autómata programable

Imagen de [ISFTIC](#) con licencia CC



## Curiosidad

En el siguiente vídeo puedes ver un proceso de torneado en un programa de control numérico por ordenador.

Fuente: Youtube

Autor: hausix

Los programas de CAM son capaces de interpretar dibujos vectoriales y transformarlos en órdenes de fabricación. Esto da lugar a la combinación del diseño y la fabricación asistidos por ordenador en los sistemas llamados CAD/CAM. En ellos los datos generados por el CAD son procesados por el CAM.

La aparición del CAD/CAM ha supuesto un gran avance en la industria ya que se han reducido los esfuerzos en el diseño, las pruebas y el trabajo con prototipos. Algunas aplicaciones características del CAD/CAM son: WorkNC, Unigraphics y CATIA.



## Autoevaluación

Sobre los tipos de CAM y los sistemas de CAD/CAM:

4) Mediante CNC se pueden controlar las operaciones que realiza un torno.

Verdadero  Falso

5) Los sistemas que realizan el control lógico de procesos de fabricación se llaman DNC.

Verdadero  Falso

6) La combinación del diseño y la fabricación asistidos por ordenador se denomina CAE.

Verdadero  Falso



## Curiosidad

Uno de los ejemplos más importantes del uso de sistemas CAD/CAM es el diseño del avión de pasajeros Boeing 777 que se realizó con el programa CATIA y que se construyó sin necesidad de prototipos ni simuladores.



Img 12. Diseño con CATIA

Imagen de NextCraf

©Copyright by Mike James



Img 13. Boeing 777

Imagen de Wikipedia

Licencia CC





### Importante

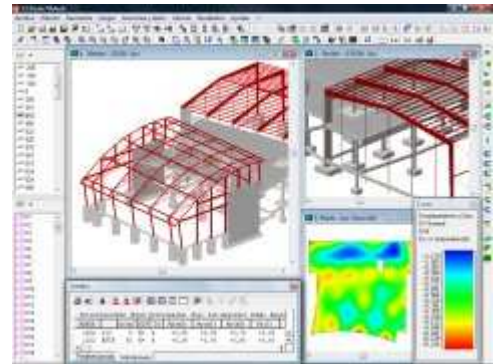
La **ingeniería asistida por ordenador** (CAE) comprende el conjunto de programas informáticos que permiten analizar y simular los diseños de ingeniería realizados con el ordenador, para valorar sus características, propiedades, viabilidad y rentabilidad.

El CAE se clasifica en grupos de programas específicos para cada actividad. Aquí tienes una muestra de los tipos más utilizados aunque se pueden encontrar programas para casi todas las aplicaciones industriales.

### Cálculo estático de estructuras

Este tipo de programas de CAE realizan el cálculo de estructuras partiendo de objetos ya dibujados. Permiten la introducción de parámetros como el peso, la resistencia, los esfuerzos y la función estructural de cada objeto.

Algunos programas de este tipo son: Tricalc y CYPE. En la siguiente página web encontrarás información sobre éstos y otros ejemplos de este tipo de software: [graphisoft.com](http://graphisoft.com)



Img 14. Programa Tricalc

Imagen de Graphisoft

### Cálculos hidráulicos y neumáticos

Son programas que se utilizan para calcular el comportamiento de los fluidos en sistemas hidráulicos y neumáticos. Manejan parámetros como la densidad, la viscosidad, el caudal o el rozamiento.

La empresa alemana Festo fabrica componentes neumáticos e hidráulicos y entre sus productos se encuentra el software de simulación FluidSim, en versión electropneumática (P) y la versión electrohidráulica (H). También dispone de un software para elaborar planos de instalaciones FluidDraw.



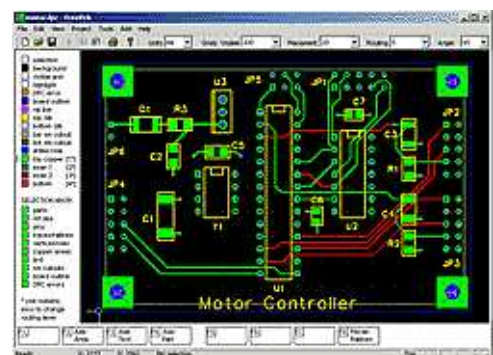
Img 15. Programa FluidSim

Imagen de Festo-didactic

### Diseño y cálculo de instalaciones y circuitos

Existen programas para el diseño y el cálculo de circuitos eléctricos y electrónicos. Existen gran cantidad de programas de este tipo, tanto de software libre como de propietario, y para todas las plataformas.

En la siguiente página web puedes encontrar gran cantidad de programas de software libre: [yoreparo.com](http://yoreparo.com). Destacamos gDEA para la simulación de prototipos en Windows y FreePCB para la creación de circuitos impresos en Linux y Mac.



Img 16. Programa FreePCB

Imagen de FreePCB

### Ensayos dinámicos

Su objetivo es conocer la reacción de un objeto ante esfuerzos dinámicos. Se utilizan para simular ensayos de fatiga, para mejorar la seguridad frente a los impactos, etc.



## Autoevaluación

Ahora que ya conoces las definiciones, características y aplicaciones del CAD, del CAM y del CAE, identifica cada acción con uno de los tres tipos de simulación de sistemas. Este ejercicio te servirá de ayuda para realizar la tarea del tema.

- Programar una fresadora.	<input type="text"/>
- Calcular la instalación eléctrica de una vivienda.	<input type="text"/>
- Diseñar el logotipo de una tienda.	<input type="text"/>
- Hacer el recorrido por un edificio aún no construido.	<input type="text"/>
- Realizar los cálculos de resistencia de una estructura.	<input type="text"/>
- Presentar el diseño de un juguete.	<input type="text"/>
- Programar el torneado de un eje roscado.	<input type="text"/>
- Calcular el caudal de una instalación hidráulica.	<input type="text"/>
- Verificar las medidas de un taladro.	<input type="text"/>

**Comprobar**