



*Importancia de los sistemas CAD-CAM para el desarrollo de proyecto de conformado de materiales*

*Importance of CAD-CAM systems for the development of a materials shaping project*

*Importância dos sistemas CAD-CAM para o desenvolvimento de um projeto de modelagem de materiais*

Guillermo Mauricio Cruz-Arcos<sup>I</sup>  
[agmcruz@espe.edu.ec](mailto:agmcruz@espe.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-7317-400X>

Jorge Stalin Mena-Palacios<sup>II</sup>  
[jsmena@espe.edu.ec](mailto:jsmena@espe.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0002-1819-9228>

Santiago Isaac Solís-Santamaría<sup>III</sup>  
[si.solis@uta.edu.ec](mailto:si.solis@uta.edu.ec)  
<https://orcid.org/0000-0001-5329-8339>

Ángel Guillermo Masaquiza-Yanzapanta<sup>IV</sup>  
[amasaquiza.istmnv@gmail.com](mailto:amasaquiza.istmnv@gmail.com)  
<https://orcid.org/0000-0003-1592-0822>

**Correspondencia:** [agmcruz@espe.edu.ec](mailto:agmcruz@espe.edu.ec)

Ciencias Técnicas y Aplicadas  
Artículo de Revisión

\***Recibido:** 30 de Septiembre de 2021 \***Aceptado:** 31 de Octubre de 2021 \* **Publicado:** 11 de Noviembre de 2021

- I. Maestría en Manufactura y Diseño Asistidos por Computador, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador.
- II. Maestría en Manufactura y Diseño Asistidos por Computador, Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Latacunga, Ecuador.
- III. Maestría en Manufactura y Diseño Asistidos por Computador, Universidad Técnica de Ambato, Ambato, Ecuador.
- IV. Magister en Diseño Mecánico Mención en fabricación de autopartes, Instituto Superior Tecnológico María Natalia Vaca, Instituto Superior Tecnológico Guayaquil, Ambato, Ecuador.

## Resumen

El objetivo general de esta investigación es analizar la importancia de los sistemas CAD-CAM para el desarrollo de proyectos de conformado de materiales, y la metodología utilizada se basa en un diseño bibliográfico de tipo documental. Los resultados obtenidos de la investigación y análisis de la información encontrada permitieron analizar la importancia que poseen estos sistemas que fusionados permiten la optimización de los procesos industriales que conlleva a un ahorro de tiempo y aumento de la productividad de cada uno de los procesos, aumentando las ganancias a la empresa, y un crecimiento en la cartera de clientes. Es importante mencionar que los sistemas CAD-CAM al momento de ser implementados por las empresas requieren de una gran inversión para automatizar sus equipos e inclusive capacitar a su personal, pero que definitivamente es primordial para poder desarrollar piezas en el proceso del conformado de materiales con mayor precisión y de forma más rápida que el método convencional.

**Palabras Clave:** CAD; CAM; conformado de materiales; optimización.

## Abstract

The general objective of this research is to analyze the importance of CAD-CAM systems for the development of materials shaping projects, and the methodology used is based on a documentary-type bibliographic design. The results obtained from the research and analysis of the information found allowed us to analyze the importance of these systems that, when merged, allow the optimization of industrial processes that leads to time savings and increased productivity of each of the processes, increasing the profits to the company, and a growth in the client portfolio. It is important to mention that CAD-CAM systems at the time of being implemented by companies require a large investment to automate their equipment and even train their staff, but that it is definitely essential to be able to develop parts in the process of forming materials with greater precision and faster than the conventional method.

**Keywords:** CAD; CAM; material shaping; optimization.

## Resumo

O objetivo geral desta pesquisa é analisar a importância dos sistemas CAD-CAM para o desenvolvimento de projetos de modelagem de materiais, e a metodologia utilizada é baseada

em um desenho bibliográfico do tipo documental. Os resultados obtidos na pesquisa e análise das informações encontradas permitiram analisar a importância destes sistemas que, quando unidos, permitem a otimização dos processos industriais que leva à economia de tempo e aumento da produtividade de cada um dos processos, aumentando os lucros para da empresa e do crescimento da carteira de clientes. É importante citar que os sistemas CAD-CAM na hora de serem implantados pelas empresas requerem um grande investimento para automatizar seus equipamentos e até treinar seu pessoal, mas que definitivamente é fundamental poder desenvolver peças no processo de conformação dos materiais. com maior precisão e rapidez que o método convencional.

**Palavras-chave:** CAD; CAM; formação de materiais; otimização.

### **Introducción**

El conformado de materiales es un proceso de manufactura existente a lo largo de muchos años, y es utilizado para formar piezas metálicas utilizando procedimientos donde se aplican procesos de deformación. Caiza y Barrera (2018) mencionan que, para emplear estos procesos es elemental estar al tanto de la formabilidad de los materiales y esto se refiere a la capacidad que posee un material para tolerar deformaciones plásticas hasta lograr una forma específica

En este orden de ideas, a nivel industrial existe una diversidad de procedimientos que permiten fabricar componentes como electrodomésticos, enlatados, materiales de construcción y piezas de carrocerías de automóviles entre otros, donde predomina el conformado por deformación plástica, este proceso trae consigo grandes ventajas a la industria pues permite lograr obtener piezas metálicas (chapas) a bajos costos sin la necesidad de invertir grandes cantidades de dinero en tecnología ya que se pueden obtener estas chapas a través de la estampación en frío, con buena resistencia mecánica y excelentes acabados (Caiza y Barrera, 2018)

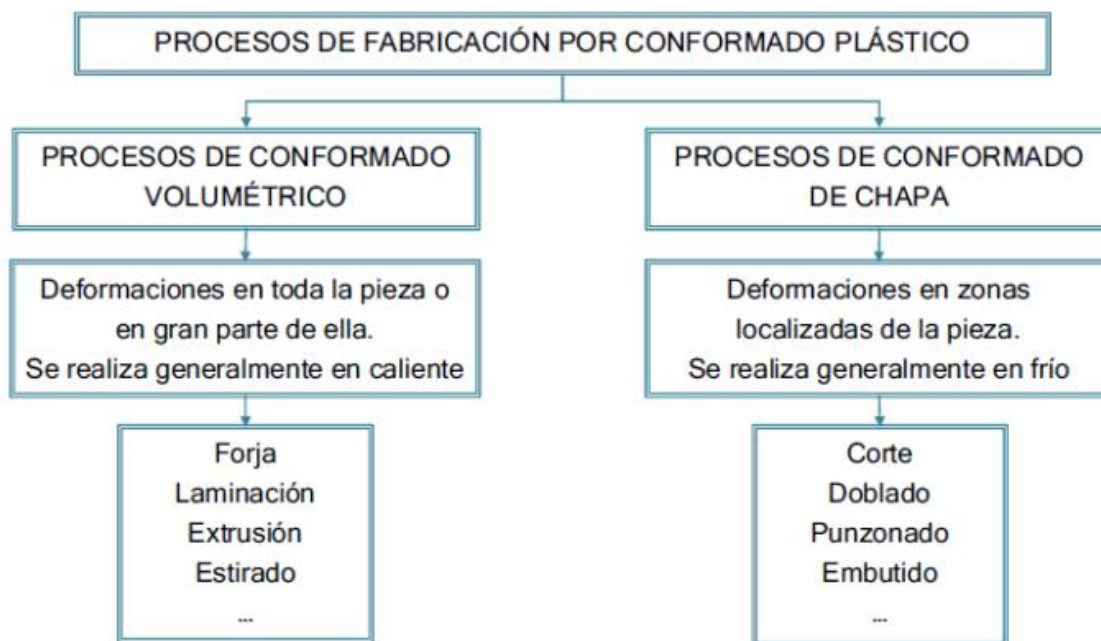
En este sentido, Daza (2017) indica que el conformado por deformación plástica se realiza aplicando una carga externa que es la que provoca el cambio de forma en la pieza, así como también de sus propiedades pero conservando su volumen, asimismo mencionan las siguientes características del conformado por deformación y son las dispuestas en la Tabla 1

**Tabla 1** Características del conformado por deformación

CARACTERÍSTICAS
Cargas externas: compresión, cortadura i flexión
Las cargas deben superar el límite de fluencia del material
Es deseable que el material tenga un límite de fluencia bajo, con lo que se reducen los niveles de carga necesaria
Requisito: ductilidad suficiente del material para soportar las deformaciones plásticas sin romper
Tanto la ductilidad como el límite de fluencia dependen fuertemente de la temperatura

Fuente: (Daza, 2017)

Asimismo, en la figura 1 se muestra la clasificación de los procesos de fabricación por conformado plástico tanto en frío como en caliente por conformado volumétrico y de chapa según Daza (2017).

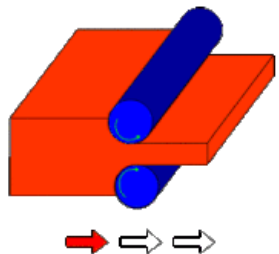
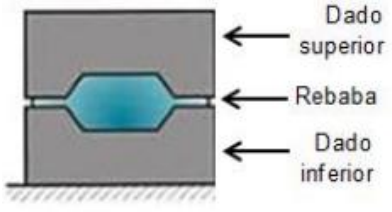
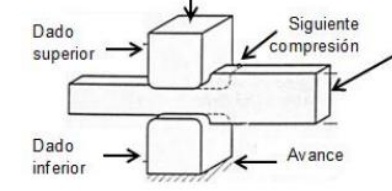
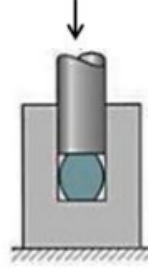
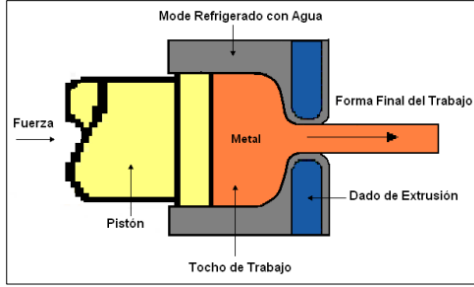


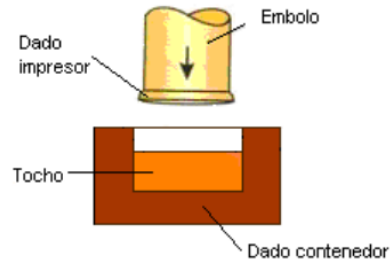
**Figura 1.** Clasificación de los procesos de fabricación por conformado volumétrico o de chapa. Fuente: (Daza, 2017)

Como se observa en a figura 1 existen dos tipos de procesos de conformado, el Volumétrico que es aquel donde el material sufre un cambio drástico pues originalmente las piezas poseen una forma de barra rectangular o cilíndricas y de allí se deforman a través del laminado, forjado, extrusión y estirado o trefilado (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2008).

De esta manera en la Tabla 2 se describen cada uno de los procesos antes mencionados.

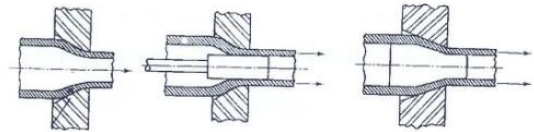
**Tabla 2** Procesos de deformación volumétrica

Proceso	Definición	Figura
<i>Laminado</i>	Este proceso es cuando se reduce el espesor de una pieza larga a través de compresión ejercida por un juego de rodillos. Estos giran de manera que aprietan y halan la pieza entre ellos logrando reducir su espesor.	 <p style="text-align: right;"><b>Laminado</b></p>
<i>Forjado</i>	Este fue el primero de los procesos del tipo de compresión indirecta y es probablemente el método más antiguo de formado de metales. es un proceso mecánico-térmico de conformación plástica aplicado a metales y aleaciones, donde se ejercen grandes presiones de forma continua (prensas) o intermitente (martillos)	<p style="text-align: center;"><b>Forjado en dado cerrado</b></p>  <hr/>  <p style="text-align: center;"><b>Forjado en Dado Abierto</b></p> <hr/>  <p style="text-align: center;"><b>Forjado sin rebaba</b></p>
<i>Extrusión</i>	Este proceso se realiza para el formado del metal por compresión, donde es forzado a fluir por medio de una abertura que posee un troquel que permite darle forma. existen dos formas de extrusión: directa e indirecta	<p style="text-align: center;"><b>Extrusión Directa</b></p>  <p style="text-align: center;"><b>Extrusión Indirecta</b></p>



**Trefilado**

Este proceso permite elaborar alambre, tubos o varillas mediante el estiramiento del material, los más comunes son el acero, cobre o aluminio, sin embargo puede usarse en cualquier metal que pueda deformarse sin llegar a romperse al aplicar la fuerza que se requiere en el proceso.



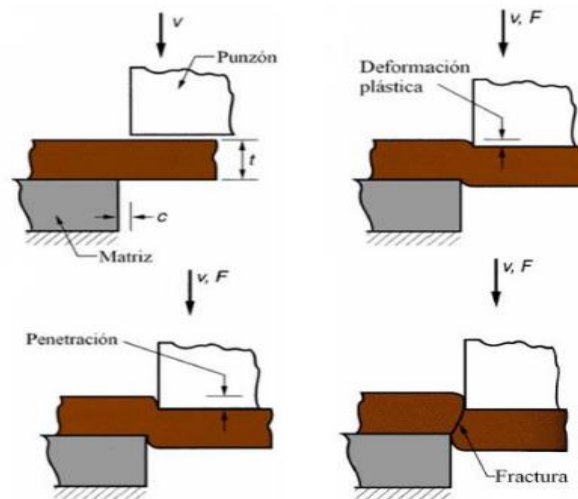
**Trefilado de tubos**

**Fuente:** Elaboración Propia tomado de (Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito, 2008; Contreras, 2013; Iglesias, 2013; Gil, 2018; Salazar, 2019; Torres, 2021)

En este orden de ideas, se indica que estos procesos de conformado normalmente se hacen en caliente, sin embargo si el material utilizado es el aluminio o cobre se puede hacer en frío.

Por otro lado el proceso de conformado de chapa es aquel donde se realizan deformaciones a una pieza en puntos específicos y entre estos procesos se mencionan los más comunes como el corte, doblado, punzonado, embutido a continuación se describen cada uno de estos procesos.

De esta manera se indica que según Daza (2017) el proceso de conformado de corte es aquel donde una hoja de metal es cortado a través de fuerzas ejercidas por dos cuchillas, una fija y una móvil denominada punzón y se realiza en diversas etapas hasta lograr el corte (Ver figura 2)



**Figura 2:** Corte de chapa metálica, en sus diversas etapas. Fuente: (Daza, 2017)

Asimismo, el proceso de doblado o plegado como también se le conoce, es el proceso donde no se separa la pieza, sino que se realiza una deformación plástica doblando una chapa a través de una línea recta o a lo largo de una directriz curva. Este proceso se realiza solo en una zona pequeña de la pieza y el resto no es deformado (Pérez, 2018) (Ver Figura 3)

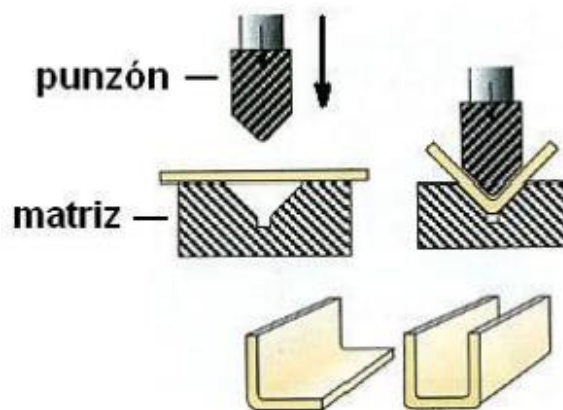


Figura 3: Doblado o plegado de chapa metálica Fuente: (Pérez, 2018)

En el mismo orden de ideas, el proceso de embutido es una técnica donde se fabrican piezas con tres dimensiones a partir de láminas metálicas (Perales, 2018). En este sentido, Pérez (2018), menciona que este proceso deforma la lámina principalmente en las paredes de la pieza que es embutida, y su fin es obtener piezas mas profundas (Ver Figura 4). Además, este proceso de conformado permite obtener embutidos cilíndricos, esféricos y de forma no cilíndrica Maigua y Velastegui (2018) lo que permite ser utilizado para diversos propósitos.

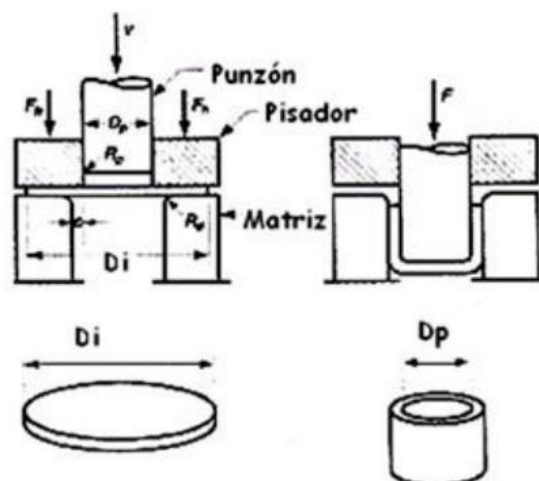


Figura 4: Proceso de embutido Fuente: (Pérez, 2018)

Todos estos procesos de conformado a nivel industrial son utilizados de acuerdo a las necesidades de la empresa, en este sentido las más industrializadas y con alta tecnología en la búsqueda de la optimización implementan software de simulación que les permite diseñar y construir las piezas de forma más específica y agilizando sus procesos y minimizando en gran medida los errores de producción.

El propósito de esta investigación es analizar la importancia de los sistemas CAD-CAM para el desarrollo de proyectos de conformado de materiales, y la metodología utilizada se basa en un diseño bibliográfico de tipo documental.

### **Metodología**

La metodología utilizada se basa es un diseño bibliográfico de tipo documental. Este diseño se fundamenta en la revisión rigurosa y profunda del material documental y científico obtenido de diversos buscadores, donde se efectúa un proceso de abstracción científica, generalizando sobre la base de lo fundamental, partiendo de forma ordenada y con objetivos precisos (Palella & Martins, 2010)

La investigación de tipo documental se concreta en la recopilación de información de diversas fuentes, con el objeto de organizarla describirla e interpretarla de acuerdo con ciertos procedimientos que garanticen confiabilidad en la presentación de los resultados (Palella & Martins, 2010)

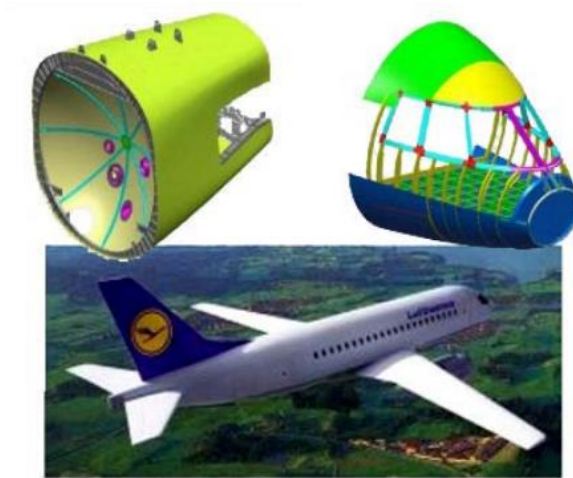
### **Resultados y discusión**

La tecnología cada día ha evolucionado, incrementado su uso en todos los niveles, y el área industrial es una de las áreas donde ha obtenido mayor provecho, implementando tecnologías que le ahorren tiempo en los procesos de fabricación, si bien es importante mencionar que el uso de tecnología requieren de una inversión inicial y posteriores inversiones para el mantenimiento de los mismos, les permite optimizar sus procesos, evitando errores y trabajos manuales que tomen más tiempo que el ejecutado a través de procesos automatizados.

Es por ello que el uso de los sistemas como el CAD-CAM son importantes y hasta necesarios en muchas áreas de trabajo de las empresas, un ejemplo de ello es el mencionado por Martínez y Cárdenas (2006), donde la empresa comercial de los aviones “BOEING”, han implementado el uso de computadoras en las etapas de fabricación de sus aviones, tal como se muestra en la



Figura 5 donde se muestra el modelado de las partes de un avión para el diseño posterior del mismo.



*Figura 5.* Modelado de aviones por computadora. Fuente: (Martínez y Cárdenas, 2006)

Del uso de nuevas tecnologías y la implementación de las mismas en los procesos de fabricación surgen equipos y sistemas necesarios para ellos, como es el caso del CAD-CAM que acompañados con máquinas CNC son herramientas esenciales que facilitan muchos procesos.

### ***Sistemas CAD-CAM***

Las empresas con el fin de lograr su propósito buscan siempre estar a la altura de sus mejores competidores, y para ello implementan sistemas que le permitan lograr su objetivo. En este sentido existe el diseño asistido por computadora (CAD) y según sus siglas en inglés se le denomina Computer- Aid Design, este sistema permite ser utilizado desde un computador para lograr crear, modificar, y documentar de forma gráfica (2D y 3D) de objetos reales (Mercado-Bautista, 2020).

Este sistema es utilizado con el propósito de mejorar los procesos industriales, logrando una mejor ejecución de sus actividades y procesos, el CAD realiza el dibujo 2D y el modelado 3D, la primera se conforma de formas geométricas representada por vectores como puntos, líneas arcos y polígonos, y el modelado 3D agregan superficies y sólidos, lo que permite lograr realizar un proyecto con la disminución de errores, que trae consigo ahorro de dinero y tiempo (Mercado-Bautista, 2020).

Del mismo modo se menciona que el sistema CAD es una herramienta muy útil pues le permite al operador del sistema obtener una imagen más precisa a través de la pantalla del producto que diseña, y así poder realizar cualquier modificación que requiera sin tomarle mucho tiempo (Martínez y Cárdenas, 2006).

Dentro de las aplicaciones más comunes en las que se utiliza el sistema CAD se tienen:

- Control numérico computarizado y robots industriales
- Diseño de dados y moldes para fundición.
- Diseño de herramientas y soportes y electrodos para electroerosión (Mercado-Bautista, 2020, pág. 1341)

Además en fusión con el sistema CAD existe la fabricación asistida por computadora o por sus siglas en inglés CAM (computer-aided manufacturig), que se refiere al uso de computadoras con tecnología de cómputo que si bien pueden trabajar de forma individual, a nivel industrial se relacionan directamente para poder fabricar productos (Pacheco y Espinosa, 2016; Mercado-Bautista, 2020)

Asimismo, Juiña, Cabrera, y Reina (2017) mencionan que la fabricación asistida por computadora es soportado por un sistema CNC que a través de una codificación alfanumérica permite controlar acciones y movimientos de un equipo (pág. 57). algunos equipos donde es utilizado el CAM son: el fresado programado por control numérico, que permite realizarle agujeros en circuitos de forma automática directamente por un robot, así como también la soldadura automática en dispositivos de montaje superficial (SMD) (Mercado-Bautista, 2020)

### ***Componentes del CAD/CAM***

El uso de estos sistemas es muy amplio sin embargo a continuación en la Tabla 3, se muestran los componentes principales:

**Tabla 3.** *Componentes del CAD-CAM*

<b>Componente</b>	<b>Definición</b>
<b><i>Modelado geométrico</i></b>	Esta componente determina el estudio de métodos de diseño en las que se representan varias entidades geométricas, y esto dependerá de las características técnicas del prototipo que se desea modelar.
<b><i>Técnicas de visualización</i></b>	Esta componente es muy esencial para poder obtener las imágenes del prototipo, depende de los parámetros establecidos para la modelación, estas técnicas van de la mano según el estudio que se realice al prototipo ya sea un análisis estático, dinámico, de fluido, magnético o eléctrico.

<i>Técnicas de interacción gráfica</i>	Es el soporte de la información geométrica que ingresa para el diseño, y depende de las técnicas de posicionamiento ya sea para realizar el procesos de modelación 2D o 3D.
<i>Diseño de la interfaz de usuario</i>	El operario debe poseer excelentes conocimientos del manejo de los sistemas CAD-CAM pues gracias a ellos existe mayor confianza en el proceso de modelación.
<i>Base de datos</i>	Permite almacenar toda la información de los prototipos que se diseñen.
<i>Métodos numéricos</i>	Consiste en la aplicación de cálculos matemáticos acompañado de razonamiento lógico que permiten realizar un análisis de los sistemas CAD-CAM
<i>Interfaz de comunicaciones</i>	Este es importante ya que de este depende que exista una buena interconexión entre cada máquina y dispositivo con los sistemas CAD-CAM.

Fuente: (Pacheco y Espinosa, 2016)

### *Ventajas del uso de sistemas CAD/CAM*

Estos sistemas permiten incrementar los niveles de productividad del diseño, pues con el uso del sistema CAD con solo presionar algunos botones que ejecutan una serie de comandos, se elaboran automáticamente la visualización de los diseños de las piezas que se desean fabricar. De la misma manera al presionar otro botón este ejecuta un comando y puede rotar la imagen del diseño permitiendo la modificación del mismo en caso de que sea necesario, lo que trae como ventaja es lo rápido que puede realizarse cualquier cambio con solo tener un diseño, lo que antes tomaba mucho tiempo por ser un trabajo manual (Martínez y Cárdenas, 2006). Este ahorro de tiempo genera consigo aumento en los ingresos de la empresa y posible aumento en la cartera de los clientes debido a la calidad de su productividad.

De igual manera, permite que la productividad a nivel de ingeniería sea mayor, y también el uso de estos sistemas permiten realizar los diseños de maquinas o herramientas de forma más simple, ahorrando desperdicio de material, a través de procesos más precisos.

En otro orden de ideas, en cuanto a las desventajas que pueden estar presentes en el uso o la implementación de los sistemas CAD-CAM, Rangel (2018) menciona que estos sistemas requieren de gran consumo de potencia en el procesamiento de la información por lo tanto los costos pueden ser elevados, y requieren de una gran calidad de equipos que soporten esta tecnología, igualmente la falta de conocimiento en el manejo de estos equipos y de su software puede traer consigo gastos adicionales en el proceso de capacitación del personal.

## Referencias

1. Caiza, L., & Barrera, A. (2018). Evaluación de la formabilidad del Acero AISI 304 mediante el ensayo de expansión de agujero; Experimentación y simulación. Sangolquí: Trabajo especial de grado de la Universidad de las Fuerzas Armadas para optar al título de Ingeniero Mecánico.
2. Contreras, A. (2013). Optimización del procesos de forjar abierta para evitar defectos internos. Trabajo especial de grado de la Universidad Autónoma de Nuevo León para optar al título de Maestro en Ciencias de la Ingeniería Mecánica con especialidad en materiales.
3. Daza, C. (2017). Diseño del mecanismo de corte para máquina cortadora de discos de chapa. Sevilla, España: Trabajo especial de grado de la Universidad de Sevilla para obtener el título de Ingeniero de Tecnología Industrial.
4. Escuela Colombiana de Ingeniería Julio Garavito. (2008). Conformado de Metales . Colombia: Laboratorio de Producción.
5. Gil, A. (2018). Elementos básicos de una fragua. Obtención de piezas metálicas por conformado de material. Santa Cruz de Tenerife: Trabajo especial de grado de la Universidad de la Laguna para optar al grado de tecnología marina.
6. Iglesias, D. (14 de Noviembre de 2013). Procesos fabrles. Recuperado el 15 de Octubre de 2021, de <https://danybarker.wordpress.com/2013/11/14/procesos-fabriles/>
7. Juiña, L., Cabrera, V., & Reina, S. (2017). Aplicación de la teoría de restricciones en la implementación de un sistema de manufactura CAD-CAM en la industria metalmecánica-plástica. Enfoque UTE 8(3) , 56-71.
8. Maigua, C., & Velastegui, D. (2018). Diseño y construcción de un banco de pruebas para el estudio del proceso de deformación incremental en chapas de aluminio AA 1200 H14. Quito, Ecuador: Trabajo especial de grado de la Escuela Politécnica Nacional para optar al título de Ingeniero Mecánico.
9. Martínez, R., & Cárdenas, R. (2006). Las ventajas e inconvenientes del CAD/CAM. Culcyt/Sistemas Computacionales (3) , 43-48.
10. Mercado-Bautista, J. (2020). Evolución de los softwares de simulación para el diseño y construcción en la Industria. Polo del Conocimiento 5 (48) , 1333-1343.

11. Pacheco, J., & Espinosa, A. (2016). Aplicación de la tecnología CNC en la modelación y fabricación de portaherramientas utilizados en los tornos convencionales del taller básico de la SPOCH. Riobamba, Ecuador: Trabajo especial de grado de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo para optar al título de Ingeniero Industrial.
12. Palella, S., & Martins, F. (2010). Metodología de la Investigación Cuantitativa. Caracas, Venezuela: FEDUPEL, Fondo Editorial de la Universidad Pedagógica Experimental Libertador.
13. Perales, A. (2018). Estudio del grado de embutición en los aceros inoxidables. Trujillo, Perú: Trabajo especial de grado de la Universidad de Trujillo para optar al grado de Ingeniero Mecánico.
14. Pérez, M. (2018). Conformado incremental aplicado al diseño y desarrollo de prototipos. Sangolquí, Ecuador: Trabajo especial de grado de la Universidad de las Fuerzas Armadas para optar al título de Ingeniero Mecánico.
15. Rangel, C. (2018). Diseño de un molde para soplado de preforma PET y la obtención de la estrategia de maquinado por CNC de la placa porta cavidad. Santa Clara: Trabajo especial de grado de la Universidad Central "Martha Abreu" de las Villas para optar al título de ingeniería mecánica.
16. Salazar, B. (03 de Septiembre de 2019). Procesos de conformado. Recuperado el 15 de Octubre de 2021, de <https://www.ingenieriaindustrialonline.com/procesos-industriales/procesos-de-conformado/>
17. Torres, J. (11 de Mayo de 2021). Trefilado. Recuperado el 14 de Octubre de 2021, de <https://www.lifeder.com/trefilado/#:~:text=Proceso%20de%20trefilado.%20El%20trefilado%20consiste%20en%20el,la%20barra%20met%C3%A1lica%20que%20ser%C3%A1%20objeto%20del%20trefilado.>