

# PROCESO DE FABRICACIÓN Y REPARACIÓN DE MOLDES PARA INYECCIÓN DE PLÁSTICO UTILIZANDO HERRAMIENTAS DE DISEÑO Y MANUFACTURA ASISTIDA POR COMPUTADORA

**Keops Andrés Castro Castaneda**

Ingeniero Industrial y Técnico en Ingeniería Mecánica. Docente Investigador Escuela de Educación Dual. Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, Sede Central Santa Tecla. Email: keops.castro@itca.edu.sv

Recibido: 24/04/2019 - Aceptado: 11/07/2019

---

## Resumen

En el siguiente artículo se describe una metodología para la utilización de herramientas digitales en el diseño y fabricación de moldes de inyección de plásticos, siendo el principal objetivo del proyecto de investigación, ser una referencia para las empresas del sector del plástico, interesadas en mejorar y optimizar sus procesos productivos. Se busca fortalecer el sector, brindando un insumo que ayude a reducir los costos de los procesos de fabricación y reparación y, como consecuencia, la empresa se vuelva más eficiente en sus procesos productivos, utilizando nuevas tecnologías desarrolladas en el país. Para el proceso de diseño, fabricación y reparación de moldes para inyección de plástico, se utilizó una metodología de investigación cuantitativa/deductiva para el análisis y recolección de datos. El artículo muestra los resultados obtenidos para diseñar y fabricar un molde utilizando los programas de software CAD Computer Aided Design (Diseño Asistido por Computadora), el proceso de fabricación del mismo utilizando un software CAM Computer Aided Manufacture (Manufactura Asistida por Computadora) y además las pruebas de funcionalidad por medio de un software CAE Computer Aided Engineering (Ingeniería Asistida por Computadora). El molde fue utilizado y validado por una empresa del sector del plástico.

## Palabras clave

CAD, CAM, CAE, manufacturas con ayuda de computador, diseño con ayuda de computador, moldeo de plásticos por inyección.

## PROCESS OF MANUFACTURING AND REPAIRING OF MOLDS FOR PLASTIC INJECTION USING DESIGN TOOLS AND COMPUTER-AIDED MANUFACTURING

## Abstract

The following article describes a methodology for the use of digital tools in the design and manufacturing of molds for plastic injection, being the main objective of the research project, to be a reference for the companies in the plastic industry interested in improving and optimizing their production processes. It seeks to strengthen the sector, providing an input that helps to reduce the costs of manufacturing and repair processes, and as a result, the company becomes more efficient in its production processes, using new technologies developed in the country. For the process of design, manufacture and repair of the molds for plastic injection, a quantitative / deductive research methodology was used for the analysis and data collection. This article shows the results obtained for design and manufacture of the molds using the software CAD (Computer Aided Design), thus the manufacturing process using CAM (Computer-Aided Manufacturing), and CAE (Computer-Aided Engineering) for the functionality test. The mold was used and validated by a company of the plastic industry.

## Keyword

CAD, CAM, CAE, computer-aided manufacturing, computer-aided design, plastic injection molding.

## Introducción

En el contexto nacional, las empresas de plásticos generan una gran cantidad de empleos directos e indirectos, son una importante fuente de ingresos al país, ya que sus exportaciones representan un 7% del total a nivel nacional, solamente en 2018 se logró un valor de \$34.68 MM en exportaciones del sector [1].

Por la importancia que representa la industria de los plásticos en El Salvador, la agencia USAID (United States Agency for International Development) a través de RTI (Research Triangle Institute), en el marco del proyecto de Educación Superior para el Crecimiento Económico, financió el proyecto denominado “Fabricación de Moldes de Inyección de Plásticos por medio de CAD, CAM, CAE: Análisis de la Variables Asociadas a la Reparación y Fabricación de Moldes de Inyección de Plástico”, este proyecto fue ejecutado en el Clúster de Manufactura Liviana, del cual participaron la Universidad Centroamericana José Simeón Cañas UCA, la Universidad Don Bosco y la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE. Estas tres Instituciones de Educación Superior desarrollaron la metodología para diseñar, fabricar y reparar moldes para inyección de plástico, obteniendo resultados completamente funcionales. Se contó con la participación de la empresa IBERPLASTIC, la cual fue un socio estratégico que brindó todas las facilidades para validar el molde y que el proyecto se culminara con éxito.

El proyecto de investigación se destacó por ser un proyecto multidisciplinario, desarrollado en conjunto entre el sector académico y el empresarial.

## Desarrollo

Este artículo muestra las diferentes etapas de ejecución del proyecto:

**Primera etapa.** Consistió en recopilar información sobre los procesos de transformación de los plásticos, para conocer el estado de esta industria. Se diseñó una entrevista dirigida a gerentes de producción y empresarios del sector plásticos, la cual tuvo por objetivo conocer las estrategias, métodos, procesos y normas que se siguen en el procesamiento de este producto. Se identificaron las principales dificultades con las que se encuentran en sus cadenas productivas. Se contó con mucha apertura por parte de las empresas de este sector.

Una vez recabada la información necesaria por medio de las visitas y entrevistas, se procedió a clasificar y seleccionar los datos más relevantes para los propósitos de la investigación.

**Segunda etapa.** Se diseñó una serie de experimentos orientados a la simulación de procesos de reparación de moldes, enfocados principalmente en soldadura; en esa misma línea, se realizaron análisis de laboratorio sobre diferentes tipos de materiales. Se diseñaron probetas para ensayo de soldadura (fig.1), con placas de material P-20, el cual es un acero especializado para fabricación de moldes. Estas placas fueron fabricadas cumpliendo requerimientos de medidas y diseños, con la finalidad de observar la variabilidad de los resultados según la geometría de las piezas. Posteriormente las placas fueron soldadas aplicando una serie de variables en cada una, para observar los resultados de la soldadura, utilizando diferentes rangos de amperaje, material de aporte y polaridad.

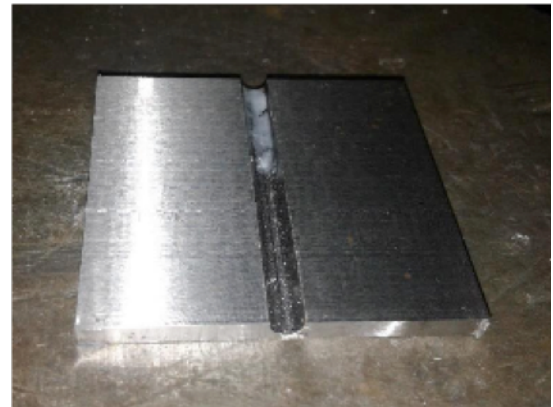


Figura 1. Probeta para ensayos de soldadura

Una vez soldadas las probetas, se procedió a darles tratamiento térmico; se utilizaron diferentes temperaturas y tiempos de tratamiento, con el objetivo de considerar múltiples variables de proceso. Posteriormente se realizaron pruebas de dureza en las probetas para determinar cuál de todos los métodos de soldadura y tratamiento térmico daba como resultado mejores propiedades (Fig. 2). Además, se realizaron pruebas de ultrasonografía y dureza para determinar la calidad de la soldadura y como ésta había afectado al material en su estructura interna.

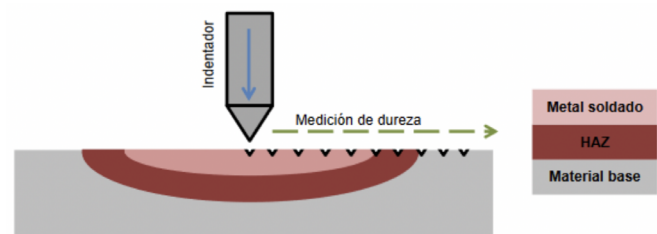


Figura 2. Esquema de prueba de dureza en la soldadura.

**Tercera etapa.** Esta consistió en el diseño del molde de inyección, la cual requirió mayor participación de la empresa privada para validar la viabilidad de la propuesta y evaluar objetivamente el diseño planteado.

En la etapa de diseño del molde, fue necesario definir requerimientos de tamaño, variables de proceso y todas las características y particularidades que esto implica. La empresa IBERPLASTIC mostró mayor interés en el asocio estratégico.

Las Instituciones de Educación Superior y un comité de la empresa, acordaron trabajar el diseño del molde para fabricar el prototipo. Una vez obtenido el archivo digital del prototipo, se procedió al diseño del molde utilizando el software especializado Inventor de Autodesk. Se contó además con el apoyo de un experto que asesoró el proceso de diseño.

Como resultado se desarrollaron ocho diferentes diseños de moldes durante esta etapa, siendo la versión 8.2 la que finalmente fue validada y aprobada por el comité de la empresa.

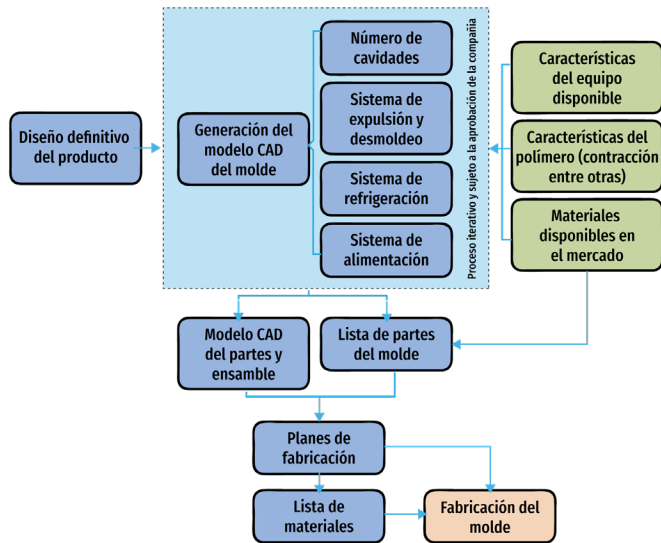


Figura 3. Proceso de diseño del molde, todas las etapas concluyen en la fabricación.

**Cuarta etapa.** La fabricación del molde. Esta etapa se realizó con éxito y quedó bajo la responsabilidad de la Escuela de Educación Dual de la Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE, por contar con el Centro de Alta Tecnología en CNC, el cual tiene en sus instalaciones máquinas CNC industriales que permiten procesar todo tipo de piezas mecánicas en cualquier material, además de contar con personal altamente calificado en el área de diseño y fabricación metalmeccánico.

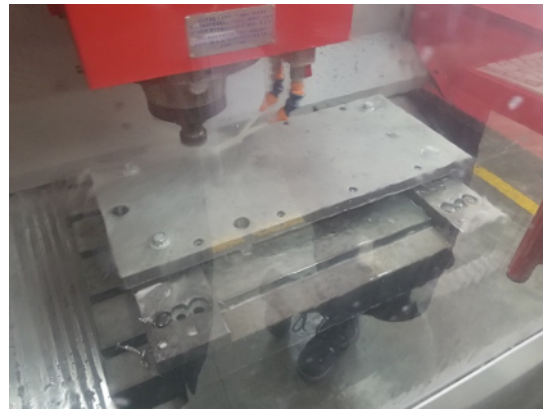


Figura 4. Mecanizado de placas de pines expulsores en el taller de ITCA.

**Quinta etapa.** Esta etapa estuvo a cargo del personal de la empresa IBERPLASTIC y consistió en el montaje y puesta en marcha del molde para inyección. Los resultados fueron exitosos.

## Resultados

El resultado principal que las empresas tendrán a su disposición, es el proceso industrial desarrollado para diseñar los moldes introduciendo herramientas de ingeniería. Lo cual ayudará a reducir, o en el mejor de los casos, eliminar los errores de diseño que los moldes puedan tener.

El proceso industrial tiene como objetivo guiar a los fabricantes en el desarrollo del diseño de un molde, de tal manera que tengan una base de conocimiento que les permita optimizar sus tiempos y minimizar los errores en diseño. La metodología básicamente puede resumirse en 3 etapas que se detallan a continuación:

- 1. Diseño CAD.** Utilizando el software de diseño mecánico de Autodesk, Inventor, se desarrolló el molde de la pieza. Este software incorpora una serie de herramientas que permiten tomar un sólido digital y a partir de él diseñar un molde en su totalidad. Cuenta con una gran variedad de librerías digitales que permiten incorporar elementos pre fabricados, tales como: tornillos, barras guías, tuberías, conectores, etc. Así mismo, permite introducir automáticamente, canales de inyección, canales de enfriamiento y otras características propias.
- 2. Análisis CAE.** Una vez terminado el diseño, se continúa con la parte del análisis con herramientas CAE, las cuales permiten verificar si el diseño realizado es factible; brinda la posibilidad de detectar errores tales como, piezas que interfieren entre sí, libertad de movimiento de todos los elementos, enfriamiento adecuado de todas las partes, inyección adecuada del material plástico y defectos en el modelo final. Si en esta etapa surgiera algún tipo de

error, entonces hay que regresar al modelo CAD y corregir; este es un proceso iterativo que permite optimizar el diseño y evita pasar a la etapa de fabricación con errores.

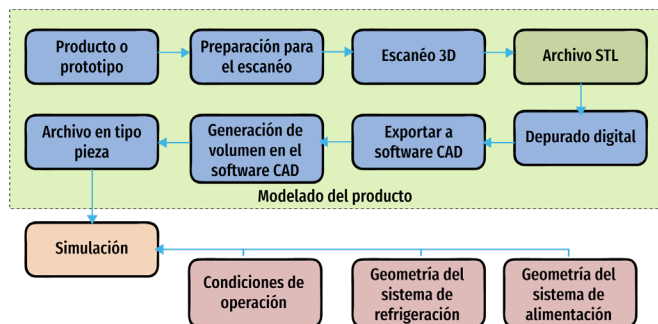


Figura 5. Proceso de análisis de modelo digital.

El software Inventor tiene incorporadas herramientas CAE que permiten realizar este análisis, sin embargo, en este proyecto se utilizó el software especializado, Moldflow, también de Autodesk, que está dirigido específicamente al análisis de moldes de inyección, este es un software más completo que cuenta con más herramientas de análisis y da información más amplia y detallada sobre los resultados del diseño.

- Proceso CAM.** Una vez terminado el análisis CAE y optimizado el diseño, se procede a la fabricación con herramienta CAM. Para esta etapa se utilizó el software Power Mill, también de Autodesk. Es un poderoso software que permite diseñar estrategias de mecanizado, optimizando los tiempos de fabricación por medio de la selección de herramientas y velocidades de corte adecuadas; además, permite la simulación de los mecanizados de forma digital, de tal manera que pueden visualizarse con antelación posibles defectos de fabricación y colisiones asociados a la máquina y al montaje de las piezas en la misma. Esto permite minimizar costos en cuanto a herramientas, montajes, tiempos y re procesos.

La introducción de estas herramientas de software es fundamental para la profesionalización de los procesos, así se descarta el modelo de prueba y error que se utilizaba hasta ahora, ya que los softwar permiten revisar el diseño e identificar y corregir los errores antes del proceso industrial de fabricación.

## Conclusiones

- El proceso industrial utilizando las herramientas CAD CAM CAE, fue utilizado para el diseño y fabricación de un molde completamente funcional, y su posterior montaje en la máquina de manera exitosa.

- Con el resultado de este proyecto se demostró la capacidad tecnológica de las Instituciones de Educación Superior de pasar de la teoría a la práctica, diseñando y fabricando partes de máquinas complejas con estándares de calidad internacionales y que satisfagan los requerimientos de las empresas.
- El sector de la industria del plástico se verá fortalecido, ya que tendrá a su disposición el proceso industrial para desarrollar el diseño, fabricar y reparar localmente los moldes utilizando herramientas de ingeniería.
- Se logró definir el proceso industrial más adecuado para la reparación local de moldes dañados, ya sea por el uso mismo o por un mal manejo, incurriendo en ahorros y evitando inconvenientes al mandarlos a fabricar nuevamente en el extranjero.

El éxito del proyecto fue posible por el trabajo colaborativo entre las Instituciones de Educación Superior participantes UCA, UDB e ITCA-FEPADE y la empresa industrial involucrada IBERPLASTIC, así como el apoyo financiero de USAID en el marco del proyecto de Educación Superior para el Desarrollo Económico administrado por RTI.



Figura 6. Molde de inyección montado en la máquina y produciendo.



Figura 7. Máquina inyectora con el molde montado en su interior.

## Referencias

- El Salvador. Dirección General de Aduanas. Unidad de Planificación y Gestión de la Calidad, "Estadísticas de comercio Exterior 2013-2018, enero" [En línea]. Disponible en: <http://www.transparenciafiscal.gob.sv/downloads/pdf/700-DGA-IF-2018-10193.pdf> [Accedido: 20-Mar-2019]