

Diseño de un prototipo de una máquina de moldeo de plástico para fabricar piezas de parafernalia

Eusebio Sánchez¹, Noé Alba Baena¹, Alejandro Loya¹, Gildardo Rivas Valles¹, Oscar Ruiz Chávez¹, Jesús Eduardo Aguilera González¹

¹Universidad Autónoma de Ciudad Juárez.

Introducción

En el estado de Chihuahua, específicamente en Ciudad Juárez, existen actualmente pocas empresas dedicadas a la fabricación de pequeños artículos de plástico de bisutería, parafernalia y otros adminículos de plástico, tales como: llaveros, juguetes, recuerdos y adornos (INEGI, 2008; Soto, 2012). Debido a ello se planea crear una máquina que pueda ser capaz de producir piezas buenas y ofrecer este servicio a los clientes interesados. Pero, para iniciar este proyecto, considerando una baja inversión inicial, necesitaría obtener un equipo de moldeo de plástico que cumpla con las siguientes características:

1. Bajo costo de adquisición.
2. Un volumen de producción considerable.
3. Bajo consumo eléctrico para evitar elevar los costos de producción.

Actualmente no se ha encontrado alguna máquina que cumpla con estas necesidades, por esto se plantea la posibilidad de diseñar una máquina de moldeo por inyección de plástico, que se ajuste a las características o

necesidades descrita en los puntos anteriormente citados.

Para hacer un estimado del costo para la fabricación de esta máquina, se hace un recuento de todas las partes. En la Tabla 1 se presenta un balance de los costos para este proyecto (Newark, 2013).

El objetivo es diseñar y fabricar un prototipo de una máquina de moldeo por inyección de plástico, que sea capaz de producir un porcentaje relativamente aceptable de piezas buenas.

Para cumplir con el objetivo planteado, el diseño de esta máquina de moldeo por inyección de plástico, debe de cumplir con lo siguiente:

1. Baja inversión inicial, proyectada a menos de 800 dólares, tomando como base un diseño sencillo, la utilización de equipo de bajo costo y el uso de materiales reciclados para la fabricación de la estructura.

La fabricación de piezas de piezas buenas, con una determinada cantidad de piezas por hora.

Para cumplir con el objetivo planteado se afirma que el porcentaje de piezas aceptables es de 90%, de tal forma que las

hipótesis nula y alterna, quedan establecidas de la siguiente forma:

$$H_0: p \geq 0.9 \quad y \quad H_1: p < 0.9$$

Tabla 1. Balance de Costos

Costos del prototipo por componentes				
	Cantidad	Componente	Costo	Usadas
*	1 pza	PLC	3500	400
*	1 pza	Controlador de Temperatura	2500	300
	10 mts	Cable	200	200
	5 mts	Material Metálico	800	400
	1/4 hoja	Policarbonato de 1/2"	500	500
	50 pcs	Tornillería	100	100
	1/2 mts	Canaleta para cable	200	200
*	1 pza	Fuente de alimentación	600	200
	4 pizas	Interruptores luminosos	100	60
*	2 piezas	Electroválvulas	1500	300
	5 mts	Manguera neumática	200	200
	10 pzas	Conectores	1000	300
	1 pza	Piston de 2"	300	60
*	1 pza	Pistón de 8"	2500	300
	14 pzas	Piezas maquinadas	3400	2100
		Total:	17400	5620

Marco Teórico

La información recopilada acerca de los preceptos fundamentales para el desarrollo de este trabajo de investigación, los describo a continuación, remarcando mediante sus títulos, los temas abordados que sirven como base y sustento de la metodología utilizada.

a) QFD

i. ¿Qué es el Diseño para la calidad o QFD?

Es el grado de concordancia entre el diseño y el fin para el cual fue creado un producto; en la medida que las características previstas, los materiales y las formas concebidas por el diseñador, cumplen con las necesidades del usuario final. Esto significa alinear lo que el cliente requiere con lo que la organización produce.

ii. Metodología QFD

El proceso de QFD consiste en la implementación de una serie de matrices y gráficas, mediante las cuales se muestran las necesidades de los clientes en relación con los requerimientos técnicos para diseñar un producto que será fabricado. Identificación de las expectativas del cliente utilizando: estudios con base en encuestas, publicaciones y artículos e informaciones sobre la competencia

La casa de la calidad

En la Figura 1 se muestra la casa típica de la calidad y se procede a describir cada una de sus componentes:

- Requisitos del cliente son una lista de objetivos o “QUE's” que se quieren lograr.
- Importancia para el cliente: aquí se establece una escala de la importancia para el cliente de cada uno de los requisitos determinados, por lo general la escala va del 1 al 5.
- Evaluación competitiva por parte del cliente: el cliente compara aquí nuestro producto.
- Características de control del producto final: En este paso se traducen los requisitos del cliente en requisitos del

diseño, esto es para cada QUE buscamos un COMO.

- Matriz de correlaciones: matriz triangular relacionada con los COMO's que establece la correlación entre cada uno de ellos. Permite identificar cuáles de los COMO's se encuentran contenidos en otros COMO's y cuales están en conflicto.

++Correlación positiva fuerte -Correlación Negativa

+ Correlación positiva ▼ Correlación negativa fuerte

- Matriz de relaciones: Relación entre los requisitos del cliente (QUE's) y las características del producto final (COMO's). Se usan símbolos para medir el grado de relación.

⊕ Relación Fuerte

○ Relación Moderada

○ Relación Débil.

- Características de control del producto final: COMO Establecimiento de objetivos para cada uno de los parámetros del producto final.
- Significado de las características de control: selección de las características de control del producto que deben ser desplegadas a lo largo del proceso QFD, desde la planificación hasta la producción.

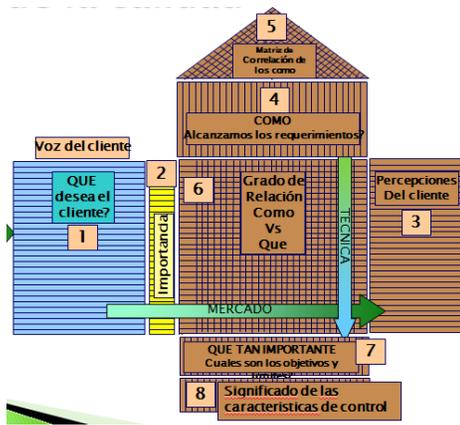


Figura 1. La casa de la calidad

△ Relación débil: 1 punto

○ Relación media: 3 puntos

⊛ Relación fuerte: 9 puntos

$$\Sigma (\text{Importancia} * \text{Peso de la relación})$$

Ventajas y desventajas del QFD

Ventajas:

- ▶ Traduce los requerimientos del cliente desde un lenguaje ambiguo a los requerimientos de diseño específicos para el desarrollo del producto y su manufactura.
- ▶ Formato sencillo de entender y práctico.

Desventajas:

- ▶ Es un proceso lento que se requiere hacer en el diseño, después no tiene sentido llevarlo a cabo.
- ▶ Se requiere de personal calificado de cada área del proceso.

b) DFMA

i. Introducción

El Diseño para la Fabricación y el Montaje o DFMA (por sus siglas en inglés de: Design for Manufacturing and Assembly), es un conjunto de técnicas y metodologías para la mejora del diseño, o rediseño, de un producto, su objetivo principal es mejorar

los aspectos de fabricación, montaje y costos, respetando las funciones esenciales del producto. Por medio del DFMA considera los siguientes puntos de vista:

Producto: Tiene en cuenta los requerimientos de las distintas etapas del ciclo de vida, los costes o recursos asociados (función, fabricación, montaje, calidad,...).

Recursos humanos: Trabajo en equipos pluridisciplinarios donde colaboran profesionales que actúan de forma colectiva en tareas de asesoramiento y de decisión, o de forma individual en tareas de impulsión y gestiones.

Recursos materiales: Utilización de nuevas herramientas basadas en tecnologías de la información y la comunicación, cada vez más integradas (modelización 3D, herramientas de simulación y cálculo, prototipos y útiles rápidos, comunicación interior, Internet)

ii. DFMA e ingeniería concurrente

El DFMA tiene un enfoque de la Ingeniería Concurrente orientado hacia la fabricación y montaje y su objetivo es mejorar los aspectos del grado de manufacturación,

montaje y costes. Algunos de sus objetivos específicos más significativos son:

>Facilitar las operaciones de fabricación y montaje

>Disminuir los costes de fabricación, montaje, las inversiones y los costes de utillajes.

>Optimizar el uso de las herramientas y equipos de fabricación y montaje

>Aumentar la flexibilidad de la fabricación

La metodología DFMA sigue el esquema general de Ingeniería de Diseño,

comenzando con la identificación de las necesidades y restricciones del producto. En base a los materiales y procesos de manufactura seleccionados se determinan los costos estimados de fabricación, buscando reducirlos al mínimo; si los resultados obtenidos en esta etapa del proceso de diseño no son los esperados comienza la iteración regresando a la etapa de diseño conceptual para las modificaciones a las propuestas iniciales, esto se detalla en la figura 2.

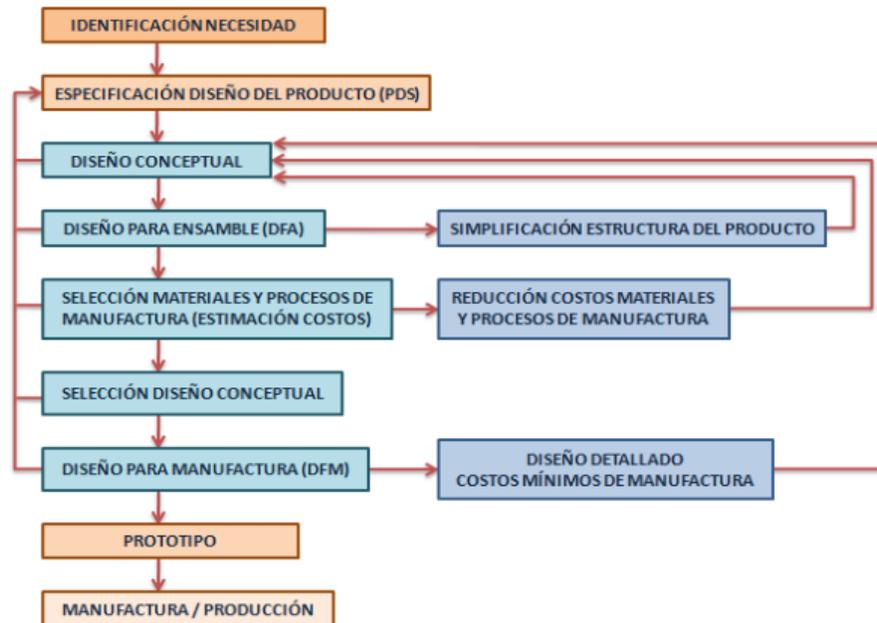


Figura 2. Diagrama de las etapas de la Ingeniería Concurrente empleando técnicas DFMA.

iii. Implementación del DFMA en el proceso de diseño

Para aplicar los principios básicos del DFMA hay que considerar ciertas reglas que faciliten la reducción del costo final del producto, los tiempos de manufactura, la dificultad del mantenimiento y los

problemas de ensamble. La implementación del DFMA se considera:

- I. Reducción del Número Total de partes: es importante reducir el número de partes que conforman un molde de inyección, haciendo un diseño más simple.

- II. Diseño Modular: en la fabricación de moldes es posible separar por módulos los sistemas, reduciendo los tiempos de manufactura y verificando el funcionamiento individual.
- III. Empleo de componentes Estándar: utilizar los moldes que cuentan con diversos componentes que pueden adquirirse como refacciones.
- IV. Diseñar para una sencilla fabricación: es importante considerar que los procesos finales de acabado de las partes (pintado, pulido, maquinado final, etc.) incrementan el costo, por eso estos procesos deben considerarse únicamente cuando son necesarios por cuestiones de funcionalidad.
- V. Minimizar las direcciones de ensamble: reducir las direcciones de ensamble de los componentes para inyección, reduciendo así los tiempos y costos de ensamble.
- VI. Facilitar Inserción: es importante diseñar en función del ensamble, considerando chaflanes y redondeos en algunos componentes de forma que faciliten la inserción.

c) **TRIZ**

i. Introducción

La palabra TRIZ es un acrónimo ruso para describir la Teoría para Resolver Problemas de Inventiva ("Tieoriya Riesheniya Izobrietatielskij Zadach"). Fue iniciado en 1946 por Genrikh Altshuller. La metodología TRIZ se trata de una metodología de resolución de problemas

basada en un acercamiento lógico y sistemático. Puede ser utilizado como un instrumento poderoso para solucionar problemas técnicos y tecnológicos, sencillos y difíciles, más rápidamente y con mejores resultados.

ii. Designación de niveles de Innovación

Cuando Altshuller analizó un gran número de patentes observó que cada invención no es igual en su valor inventivo por lo que propuso cinco niveles de innovación:

- Nivel 1. Una mejora sencilla de un sistema técnico.
- Nivel 2. Una invención que incluye la resolución de una contradicción física.
- Nivel 3. Una nueva tecnología desarrollada que contiene una contradicción física.
- Nivel 4. Una nueva tecnología desarrollada que contiene una solución de ruptura que requiere el conocimiento de diferentes campos de la ciencia.

iii. Contradicciones técnicas y físicas

Cuando se formula una Contradicción Técnica esta nos ayudará a entender mejor la causa raíz del problema y averiguar más rápidamente la solución exacta para este problema. Pero, si no hay ninguna contradicción técnica, entonces no se trata de un problema inventivo.

La Contradicción Técnica supone un conflicto entre características dentro de un sistema: Esto es, que cuando se mejora un parámetro del sistema, esto causa el deterioro o empeoramiento de otro parámetro.

iv. Idealidad del sistema

Nos ayuda para aumentar las funciones útiles del sistema y reducir las funciones perjudiciales, para acercar el sistema a la Idealidad. El Sistema Ideal sería aquel que no existe materialmente, pero que, aun así, realiza una función.

El sistema Ideal se consigue sin añadir complejidad a través de:

- Minimizar partes.
- Utilización de recursos.
- Utilización de Efectos Químicos, Físicos y Geométricos.

Para resolver un problema se utiliza la declaración del Resultado Final Ideal (RFI) que tiene la formulación general la cual es “El sistema por SI MISMO realiza la función requerida sin efectos perjudiciales ni complicaciones añadidas”. Y se plantea así:

$$\text{Idealidad} = \frac{\text{Funciones útiles}}{\text{Funciones perjudiciales} + \text{Coste}}$$

v. Algoritmo de resolución de problemas inventivos (ARIZ)

Es una de las herramientas analíticas principales de TRIZ. Proporciona una serie de pasos lógicos secuenciales para desarrollar una solución para un problema complejo. La versión más reciente de Altshuller, contiene nueve pasos:

1. Análisis del Problema y Modelo de Problema
2. Resultado Final Ideal y determinación de Contradicción Física.

3. Movilización y Utilización de Recursos.
4. Cambiar o Formular de nuevo el Problema.
5. Análisis del Método que eliminó la Contradicción Física.
6. Utilización de soluciones obtenidas.
7. Análisis de los pasos que han conducido a la solución.

d) DOE

i. Introducción

La metodología de diseño de experimentos (DOE, Design of Experiments) es una herramienta estadística para mejorar la calidad de un producto y es usada frecuentemente en proyectos Seis Sigma. Esta metodología sirve para diseñar las condiciones ideales de un producto, proceso o servicio para que cumpla con nuestras expectativas usando el mínimo número de experimentos o pruebas.

ii. Diseño experimental

Para la realización de un experimento diseñado se deben introducir cambios de forma deliberada en las variables de entrada de un proceso, de manera que sea posible observar e identificar, las causas de los cambios en la respuesta de salida. Podemos mencionar algunos métodos de experimentación como lo son:

1. Prueba y error
2. Un factor a la vez
3. Factorial completo
4. Factorial fraccionario
5. Otros

iii. Objetivos de un experimento

El primer objetivo que se persigue es determinar cuáles factores tienen mayor influencia en la respuesta. Posteriormente se determinará cuáles factores X 's afectan el promedio del valor de la respuesta y . El siguiente objetivo es la determinación de cuáles factores X 's afectan la variación de la respuesta y . El cuarto objetivo es determinar el mejor valor de los factores. Por último, el objetivo que se pretende es determinar cuáles factores no tienen efecto alguno y cuál será la relación entre los factores de entrada y las salidas.

iv. Variable de respuesta

Es importante determinar si la variable de respuesta y es cuantitativa o cualitativa, y en caso de que se requiera medir, necesitamos saber si está ligada a requerimientos específicos del cliente. Esto, con el objetivo de centrar el proceso, reducir la variación o ambas cosas a la vez. Pero, para lograr este objetivo, se requiere determinar cómo va a medirse la salida y en caso de que se tengan salidas múltiples, necesitamos definir, cuáles son las prioridades.

v. Factores controlables y no controlables

Los factores controlables X 's pueden ser manipulados para ajustar su efecto en las salidas, ser cuantitativos (continuos), como por ejemplo la temperatura, la presión, el tiempo y la velocidad. También pueden ser cualitativos (categorías o cualidades), un ejemplo de ello es el color, método, maquinaria, proveedor, tipo o línea.

Por esto, para la selección de factores necesitamos considerar si son prácticos, factibles y medibles.

vi. Principios básicos para el DOE

Obtención de réplicas.- Es la realización de una corrida experimental por cada combinación de parámetros que se va a utilizar.

Replicación.- Es diferente a las mediciones repetidas ya que no se toman varias muestras para medir la respuesta, en una corrida experimental.

Aleatorización.- Se entiende que tanto la asignación del material experimental, como el orden en que se realizan las pruebas individuales se determinan aleatoriamente, esto es lo que va a dar validez al experimento.

Análisis por bloques.- Es una técnica utilizada para incrementar la precisión del experimento. Nos va a ayudar a identificar el error debido a cambios en las condiciones en que las corridas experimentales se realizan.

vii. Pasos para el DOE

1. Comprensión y planteamiento del problema.- Responder a las preguntas ¿Cuál es el problema? y ¿objetivos de la experimentación?
2. Elección de factores y niveles.- Conocer los factores y niveles, y además, conocer cómo se van a medir y controlar.
3. Selección de las variables de respuesta.- Cuáles variables proporcionan información útil y cuántas hay.

4. Elección del diseño experimental.- Definir el tamaño de la muestra, el orden de corridas y el tipo, ya sea exploratorio, mejoramiento u optimización.
5. Realización del experimento.- Comenzaríamos por vigilar el proceso, evitar errores de procedimiento y analizar los aspectos logísticos.

6. Análisis de datos.- Utilizar los métodos estadísticos para observar el comportamiento del sistema.
7. Conclusiones y recomendaciones.- Realizar las pruebas de confirmación y una vez confirmada la información, efectuar el plan de acción.

Metodología

En el planteamiento, análisis y solución del problema analizado anteriormente. Se tomó como base El Método de Ingeniería. Este método establece que: hay que partir de una situación inicial que es la observación de una situación, que en este caso fue: la fabricación de artículos de parafernalia, mediante la técnica de inyección de plástico, es la alerta.

Una vez detectada una necesidad, hay que hacer una reflexión para entender la problemática en general, al hacer esta reflexión se concluyó el diseño y fabrica de un prototipo una máquina de inyección de plástico, para producir piezas de parafernalia.

Una vez observados y analizados los datos y las variables de entrada y de salida, se definió la propuesta del proyecto y para llegar a establecer una propuesta más robusta fue necesario auxiliarse de otras metodologías que ayudarán a estructurar y moldear el proyecto.

Para poder hacer posible este proyecto; recopile y uní extractos de algunas otras metodologías utilizadas para el diseño, consideré los extractos que más fueran útil, como herramientas para lograr el diseño y construcción de la máquina de moldeo de plástico. Las metodologías utilizadas son: el QFD, DFMA, TRIZ y DOE, explicadas, a grande rasgos, en el marco teórico.

La aplicación del método de QFD.

La parte de esta metodología, que se aplica en este proyecto es la llamada: casa de la calidad, en la que los requisitos del cliente, o sea, las necesidades descritas en el planteamiento del problema, son una lista de objetivos (QUE's) para lograr. A estos requisitos, se les da un valor, de acuerdo a una escala que va del 1 al 5, después se compara con diseños similares.

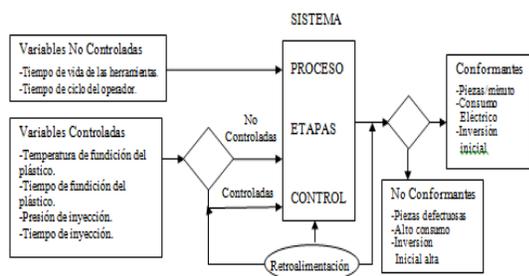
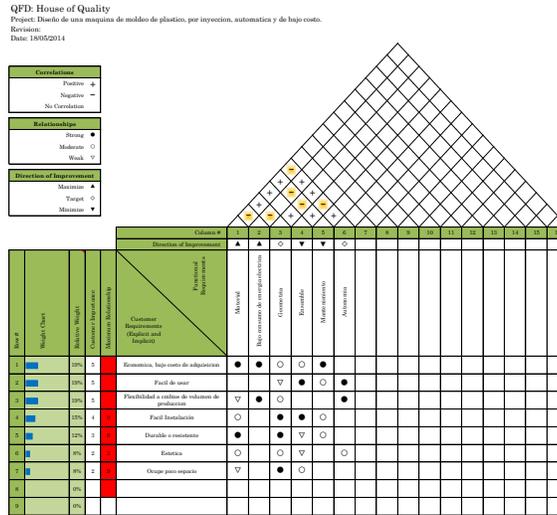


Figura 3.- Descripción General del Sistema de la Máquina de Moldeo por inyección.

Posteriormente, se traducen las necesidades planteadas en requisitos del diseño, esto es para cada QUE buscamos un COMO. Para la matriz de correlaciones se establece la correlación entre cada uno de los requisitos y cada una de las necesidades, en la matriz

de relaciones: se trata de relacionar los requisitos (QUE's) y las características del producto final (COMO's) y de esa forma, se establecen los objetivos para el diseño final. A continuación se muestra la casa de la calidad para este proyecto:

Tabla 2. Casa de la calidad del método de QFD



En el esquema anterior se puede ver, la correlación que existe entre algunos requerimientos funcionales, y también, la relación entre los requerimientos del cliente y los requerimientos funcionales. De acuerdo a los parámetros que se muestran, se ajustara el diseño a ellos.

La aplicación del método de DFMA y TRIZ

Para realizar un diseño más robusto de esta máquina, se recurrió a las partes de estas metodologías, en donde se van estableciendo los aspectos de fabricación, montaje y costos, respetando las funciones esenciales del producto, se deberán considerar los siguientes puntos de vista para el diseño:

Producto: Tiene en cuenta costos.

Recursos humanos: Asesoramiento con ingenieros dedicados a este rubro.

Recursos materiales: Uso de tecnologías informáticas como herramienta del diseño, por ejemplo el uso del software para dibujo en computadora en 3D (SolidWorks) (SolidWorks, 2014).

Siguiendo el esquema general de ingeniería de diseño, para disminuir los costos de la elaboración del diseño seleccionado, se comienza con la identificación de las necesidades y restricciones de la máquina a diseñar, de acuerdo a la metodología TRIZ.

Diagrama de flujo de las actividades a realizar para lograr el objetivo del proyecto.

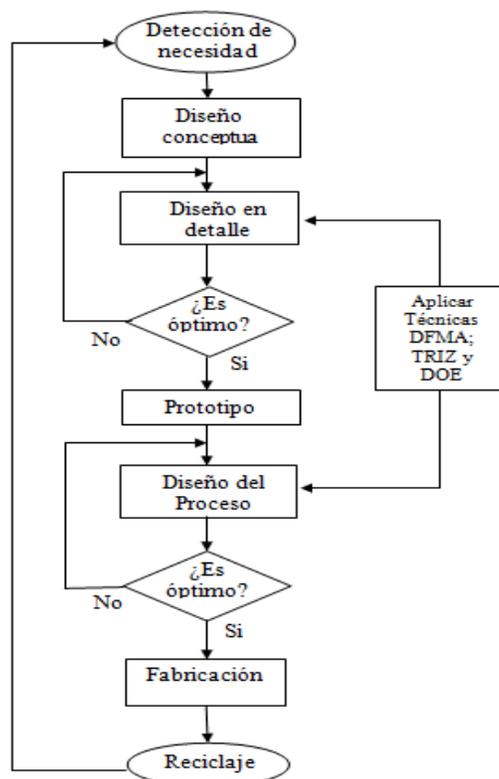


Figura 4. Diagrama de flujo del híbrido de varias metodologías.

Para la aplicación del método DOE se comenzará con la obtención de réplicas mediante la realización de una corrida experimental por cada combinación de parámetros que se va a utilizar. Seguido de esto se hace la replicación en donde se toman varias muestras para medir la respuesta, en una corrida experimental, es importante mantener la aleatorización para la asignación del material experimental y el

orden en que se realizan las pruebas individuales en forma aleatoria, esto es lo que va a dar validez al experimento.

Finalmente se realiza el análisis por bloques, el cual consiste en una técnica utilizada para incrementar la precisión del experimento, nos va ayudar a identificar el error debido a cambios en las condiciones en que las corridas experimentales se realizan.

Resultados

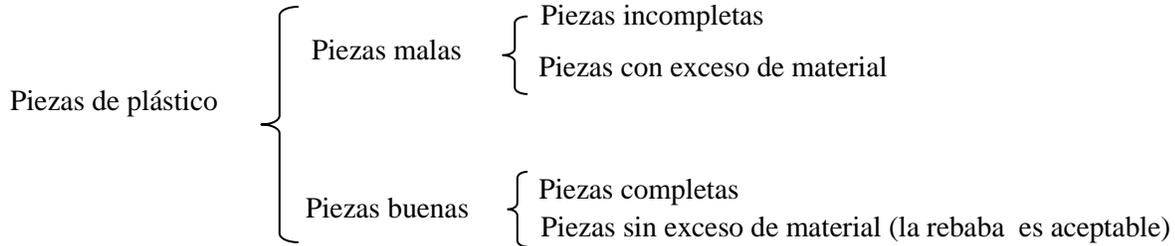
Para validar y comprobar el buen funcionamiento de la máquina se comenzó con el diseño de experimento para poder obtener los mejores parámetros, con los

cuales pudiera correr la máquina, esto se estableció mediante lo siguiente:

- 1 Diseño de Experimento (DOE)

Para la aplicación del método DOE se comenzó con el primer paso que se plantea para el diseño de experimento, el cual es:

Plantear el problema que se presenta debido a la respuesta de salida de la máquina, esto se planteó de la siguiente forma:



2 Elección de Factores

En base a un trabajo de tesis (Raudel, 2013) en el que se pretende optimizar los parámetros requeridos para un proceso de moldeo por inyección de plástico por medio de un híbrido de redes neuronales y

algoritmo genético, se analizó y sustrajo los parámetros obtenidos por el diseño de experimento efectuado en dicho trabajo. La siguiente tabla muestra una comparación preliminar entre la mejor solución de las muestras que se usaron y la solución óptima obtenida del algoritmo genético.

Tabla 3. Parámetros seleccionados en el trabajo de referencia

Número de corrida	Temperatura de la mezcla (°C)	Temperatura del molde (°C)	Presión de empaque (Mpa)	Tiempo de empaque (s)	Tiempo de enfriamiento (s)	Valor normalizado de función objetivo	Valor desnormalizado de función objetivo
15	250.0000	125.0000	30.0000	7.0000	3.1000	0.021800	0.219100
ANN-GA	260.0212	76.4090	30.0000	6.0026	3.1320	0.017000	0.218800

Con base a los parámetros descritos se comenzaron a efectuar experimentos y pruebas en la máquina de estación de termo formado, utilizando primero la cámara de plastificación o barril, posteriormente se hizo uso del pistón de inyección (llamado en la máquina “la RAM”).

A continuación se describen las pruebas efectuadas con el barril:

a) Se colocó la resisten térmica de banda abrazando el barril para calentarlo.

b) Entre el barril y la resisten térmica de banda se introdujo el termocople para medir la temperatura en esta región.

c) El termocople fue conectado al controlador de temperatura, el cual mostrará la temperatura en tiempo real, para ser monitoreada.

d) Se energizó con 220 volts la resisten térmica de banda, para que esta alcanzar una temperatura alta.

e) Cuando la temperatura estaba en los 100 grados centígrados se vació el material dentro

de la cámara de plastificación, para ser derretido.

- f) Según los parámetros de temperatura del proyecto de optimización de parámetros [11], fue determinada una temperatura alrededor de 350 grados centígrados.



- g) El material dentro del barril se plastificó (se derritió) hasta tomar una consistencia pastosa y banda.



- h) Para verificar si las temperaturas alrededor del barril y dentro de él (al centro del material derretido), eran las mismas se introdujo otro termocople para medir la temperatura al centro del material plastificado.
- i) La observación que se encontró es que hay una diferencia de temperatura de alrededor de unos 40 grados centígrados.
- j) Se llevó el barril con material derretido hasta la estación de termo formado y se colocó en la base.
- k) Se activó la bajada del pistón de inyección y este fue capaz de forzar el plástico derretido por el orificio de inyección.

Las pruebas realizadas y descritas muestran que es necesario modificar los parámetros de temperatura para que pueda ser posible efectuar el proceso de inyección de plástico en un molde, mediante el proceso que se pretende efectuar con la máquina indicada en este trabajo.

De acuerdo a las pruebas anteriores se consideraron para el diseño de experimentos **cuatro Factores** de **dos niveles** cada factor, los niveles se clasificaron como bajo y alto.

La tabla 4 muestra los Factores seleccionados y sus niveles

Tabla 4. Factores propuestos

FACTOR	NIVEL	
	Bajo	Alto
Temperatura de Fundición	350°C	395°C
Tiempo de Fundición	2 min	10 min
Presion de Inyección	0.2 Mpa	0.5 Mpa
Tiempo de inyección	3 seg.	10 seg.

3 Selección de variables de respuesta

La variable de respuesta o también la variable de salida (variable “y” de salida), para analizar la salida de la máquina, fue:

Las dimensiones similares a las del molde.- En este caso las especificaciones del molde fueron: 2 pulgadas de largo por dos pulgadas de ancho y 0.6 pulgadas de grueso. Además se consideró también como salida el tipo de pieza: mala o buena.

4 Elección del diseño experimental

Como ya se comentó, se utilizaron factores de dos niveles cada uno, y se utilizaron 8 piezas para el diseño, ya que en Minitab me permite considerar dos opciones las cuales son 8 y 16, se tomó la de 8 piezas ya que se contó con una cantidad limitada de material.

Considerando los factores y de acuerdo a las especificaciones de la salida que se consideraron se metieron los siguientes datos al Minitab:

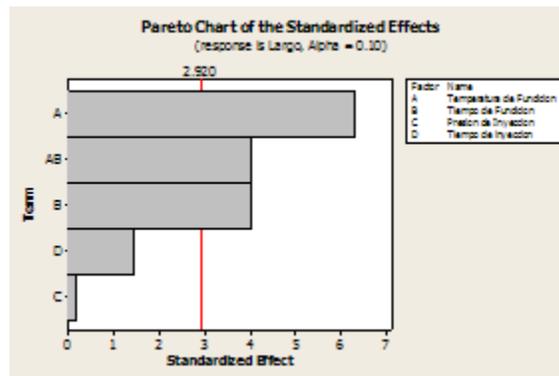
Factores	Salida
Temperatura de fundición	Largo
Tiempo de fundición	Ancho

Presión de inyección

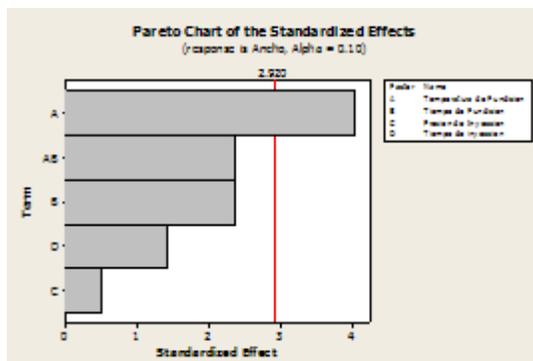
Tiempo de inyección

5 Realización del experimento

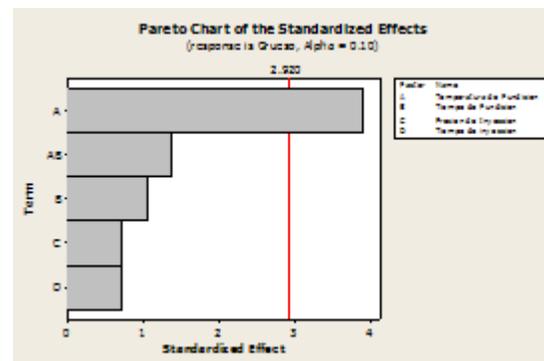
Al meter los datos se obtuvieron las siguientes gráficas de Pareto porque son más fáciles de interpretar:



Gráfica 1. Gráfica Pareto del factor Largo



Gráfica 2. Gráfica Pareto del factor Ancho



Gráfica 3. Gráfica Pareto del factor Grueso

Análisis de datos

Como se observa la temperatura es el factor más impactante con respecto a los otros tres y el mejor parámetro es de 395°C, el siguiente parámetro relevante es el tiempo de fundición el cual fue de 10 minutos. La presión de inyección más adecuada fue la de 0.2 Mega Pascales (MPa) la cual impacta en forma positiva evitando que salgan piezas

con exceso o rebaba, como se dice en el argot de moldeo, por último, el factor que menos impacto fue el tiempo de inyección, en el cual el mejor parámetro fue de 10 segundos.

Considerando estos factores, se determinó que los mejores parámetros para correr la máquina son:

FACTOR	Mejor parametro
Temperatura de Fundición	395°C

Tiempo de Fundición	10 seg.
Presion de Inyección	0.2 Mpa
Tiempo de inyección	10 seg.

Tabla 5. Factores óptimos

Resultados

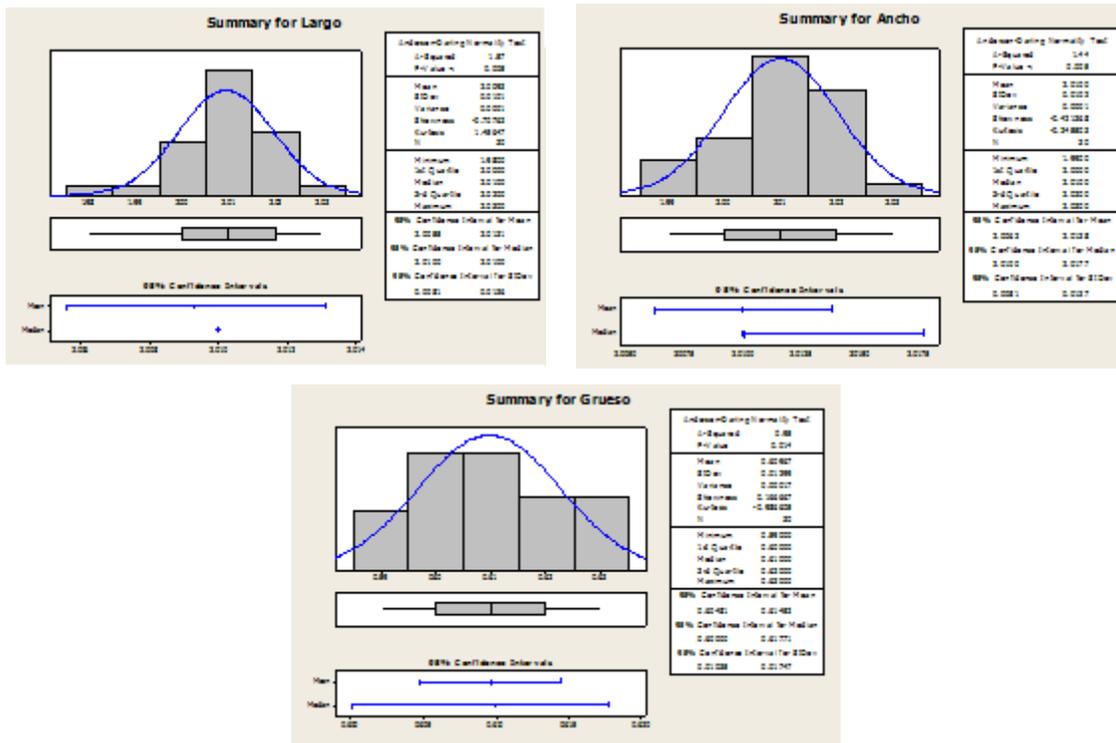
Herramientas utilizadas

Considerando los parámetros obtenidos en cada uno de los cuatro factores se debe de ajustar la máquina para que opere en estas condiciones sugeridas por el diseño de experimento.

Posteriormente se corrieron treinta piezas para hacer el estudio de normalidad, para de esa forma, determinar si se tiene una distribución normal de los datos tomados y

medidos en las dimensiones de las piezas que salieron. Las dimensiones que se tomaron en cuenta fueron el largo, que en el molde es de dos pulgadas; también se consideró el ancho, el cual es de la misma medida; por último se consideró el grueso de cada pieza cuya medida es de cero punto seis pulgadas.

En base a estos datos se obtuvieron las siguientes gráficas:



Grafica 4. Prueba de Hipótesis para el Factor Largo

Comprobación de la Hipótesis

Después de determinar la media, desviación estándar y ver la distribución normal, se efectuaron los cálculos para la hacer la prueba de Hipótesis, mediante el

procedimiento de pruebas para una proporción (Industrial, 2013; Montgomery, 2007), para comprobarla. Para esta prueba se determinó una distribución muestral de proporciones, utilizando los siguientes datos:

Datos:	
$P = 0.9$	$P =$ porcentaje sugerido
$p = 12/15 = 0.8$	$p =$ porcentaje de piezas buenas en base a la muestra
$q = 1 - 0.9 = 0.1$	$q =$ porcentaje de piezas malas en base a la porcentaje sugerido
$n = 15$	$n =$ número de muestras
$\alpha = 0.05$	$\alpha =$ nivel de significación de la prueba

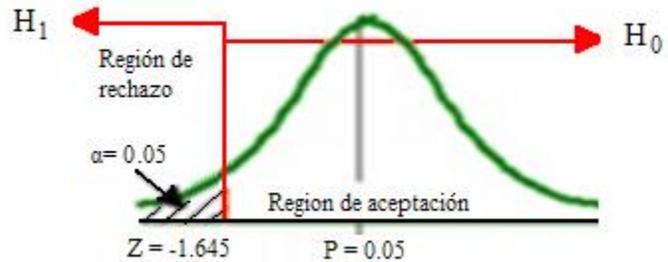
El ensayo de hipótesis sería:

$$H_0: p \geq 0.8 \quad \text{y} \quad H_1: p < 0.8$$

Cálculos

$$Z = \frac{p - P}{\sqrt{\frac{Pq}{n}}} = \frac{0.8 - 0.9}{\sqrt{\frac{0.9 * 0.1}{15}}} = -1.2909$$

De acuerdo a la tabla el p value (p) es igual a 0.0985, comparando con el intervalo de confianza que es de 0.05 tenemos lo siguiente. $P > 0.05$



Como el p value, que es de 0.0985, es mayor que el nivel de significancia (0.05) entonces, hay evidencia suficiente para no rechazar la Hipótesis Nula (H_0).

Conclusiones

Análisis

Por los resultados obtenidos en la comprobación de Hipótesis, mediante el procedimiento de pruebas para una proporción, en donde los datos nos proporcionan la siguiente información: “No

hay evidencia suficiente para rechazar la Hipótesis Nula y si se rechaza la Hipótesis Alterna”. Por consiguiente, se puede concluir que la máquina si es capaz de producir un 90 % de piezas buenas, entonces se puede concluir que:

Si se cumplió con el objetivo, ya que el prototipo de la máquina inyectora de plástico, que se diseñó y construyó, debe de ser capaz de producir piezas con un nivel aceptable de piezas buenas.

Recomendaciones

Es necesario realizar varias mejoras en la máquina, estas mejoras se enlistan a continuación:

- Se requiere cambiar el pistón de la prensa del molde ya que requiere un poco más de fuerza y por ello tendió a producir algunas piezas con rebabas.

- Hay que colocar unos pines expulsores para que la máquina pueda sacar las piezas por si sola.
- Diseñar un sistema automático de enfriamiento en los moldes, para no realizarlo en forma manual, y de esta forma sea más fácil de extraer las piezas.
- Ajustar los tiempos de fundición, alimentación e inyección en el controlador lógico programable (PLC), para que junto con la expulsión automática de las piezas, la máquina sea capaz de trabajar autónomamente.
- Mejorar un poco más el diseño estético de la máquina.

Referencias

AB Machinery. (2103). AB Plastic Inyector. (AB Machinery) Recuperado el Marzo de 2014, de <http://abplasticinjectors.com/>

Aguayo, F. Soltero, V. M. (2003) Metodología del diseño industrial. Alfa omega grupo Editor. México, D.F

Capuz, S. (2001). Introducción al proyecto de producción. Alfa omega grupo Editor. México D.F.

Estrada, F. J. Diapositivas proporcionadas en la materia de Estadísticas, perteneciente a la retícula de la Maestría de Ingeniería Industrial de Manufactura de la UACJ. INEGI. Instituto Nacional de Estadísticas y Geografía. (2008). En línea: <http://www.inegi.org.mx/default.aspx>.

Krasnoslobodtsev, V (2010). Essential TRIZ for Beginners, TRIZ Lessons in Spanish. Traducido por Julián Domínguez Laperal. Invent, Inc. - Milton, MA.

Industrial, D. d. (2013). Apuntes para el Propedeutico para Maestría en Manufactura. Estadísticas Básica. Cd. Juárez, Chihuahua, México.

López, J. A. .Apuntes de la materia de Diseño para Manufactura, perteneciente a la retícula de la Maestría de Ingeniería Industrial de Manufactura de la UACJ.

Montgomery, D. C. (2007). Diseño y análisis de Experimentos. Cd. Mexico: Grupo Editorial Iberoamerica.

Newark. (2013). element14 Catalogo de electronicos. Cd. Mexico: newark catalogo de electronicos 130.

DFMA. (s.f.). Página web acerca del DFMA http://www.prodintec.es/catalogo/ficheros/aplicacion/es/fichero_15_4333.pdf

Raudel, A. (2013). Optimización de proceso de inyección de plástico mediante híbrido redes neuronales- algoritmo genético, Proyecto de Titulación.

Riba, C. (2002). Diseño Concurrente. Romeva. Ediciones UPC . Barcelona.Soto, N. (2012). Norte Digital. Beneficia a la industria del plástico el auge automotriz. [En línea] Periodico Norte, 15 de

Octubre de 2012.
<http://www.nortedigital.mx/article.php?id=24509>.

SolidWorks (2014). SolidWorks. [En línea] 2014. <http://www.solidworks.com.mx/>.