

Universidad autónoma de Querétaro
Facultad de Ingeniería
Diseño Industrial



Tesina

DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UNA PIEZA PLÁSTICA:
GUÍA DE CORTE PARA HERRAMIENTA ROTATORIA.

Presentada para obtener el título:
Licenciada en Diseño Industrial.

Presenta:

Paola Cruz Salazar

Asesor de Tesina:

Guillermo Hiyane Nashiro

CU, Santiago de Querétaro, Querétaro, Octubre de 2013



Centro Universitario, Octubre del 2013.

A QUIEN CORRESPONDA:

Hago constar que el (os) pasante (s) de la Licenciatura de Ingeniería en Diseño Industrial **C. PAOLA CRUZ SALAZAR**, aprobó (n) la **TESINA** del **DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PROCESAMIENTOS PLÁSTICOS** impartido por el Centro de Educación Continua para lo cual presenta (n) el trabajo titulado: **“DISEÑO Y SIMULACIÓN PARA LA PRODUCCIÓN DE PIEZA PLÁSTICA: GUÍA DE CORTE PARA HERRAMIENTA ROTATORIA”**

Aprobada con fines de Titulación.

MTRO. GUILLERMO HIYANE NASHIRO
ASESOR DE TESINA



Centro Universitario, 28 de Agosto del 2013.

C. PAOLA CRUZ SALAZAR,

Pasante (s) del área de Ingeniería en Diseño Industrial,

PRESENTE .

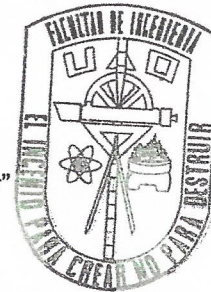
En respuesta a la solicitud que Usted (es) plantea (n) sobre la ASIGNACIÓN de ASESOR, necesario para la elaboración de la TESINA, y requisito para la acreditación del DIPLOMADO EN INGENIERÍA DE PROCESAMIENTOS PLÁSTICOS se le (s) designa al (la) MTRO. GUILLERMO HIYANE NASHIRO, para desarrollar el tema: "Diseño y simulación para la producción de pieza plástica: guía de corte para herramienta rotatoria" por lo que deberá (n) dirigirse al catedrático para ponerse de acuerdo y realizar el trabajo correspondiente tomando en cuenta los lineamientos que para su elaboración otorga el Centro de Educación Continua.

Por lo anterior me permito hacer de su conocimiento que la tesina deberá entregarse debidamente empastada y en disco compacto; aprobada por su asesor y la coordinación del área a más tardar el día 08 de Octubre del 2013.

ATENTAMENTE

"El ingenio para crear, no para destruir"

M. en I. RUBÉN RAMÍREZ JIMÉNEZ,
COORDINADOR



CENTRO DE
EDUCACIÓN
CONTINUA

FIRMA DE ACEPTACIÓN DEL ASESOR
ING. GUILLERMO HIYANE NASHIRO

Nombre: _____
Firma: _____
Fecha: _____

De enterado



Cp. Archivo.
Cpr*

ÍNDICE

1. Resumen.....	1
2. Introducción.....	2
3. Justificación.....	3
4. Objetivos.....	4
5. Antecedentes.....	5
5.1. Industria del plástico en México.....	5
5.2. Diseño de producto.....	6
5.3. Diseño e ingeniería asistidos por computadora.....	8
5.4. Procesamiento de plásticos.....	9
5.5. Inyección de plástico	12
6. Desarrollo del proyecto.....	13
7. Planteamiento: pieza plástica.....	14
8. Proceso de diseño	15
8.1. Criterios funcionales y estéticos.....	17
8.2. Lineamientos para el Diseño de piezas plásticas.....	18
9. Materiales Plásticos.....	24
9.1. Termoplásticos.	26
9.2. Termoestables.....	29
9.3. Elastómeros.	29
10. Selección del material.....	30
11. Criterios de selección del material	31
12. Material: ABS.....	33
13. Lineamientos para la selección de proceso.	36
14. Proceso de inyección.....	37
14.1. Moldes.....	40
14.2. Partes de moldes.	40
15. Modelado en Solid Works de pieza: GUÍA DE CORTE PARA HERRAMIENTA ROTATORIA.....	41
16. Ingeniería asistida por computadora: Mold flow.....	44

17.Simulación de inyección: Mold Flow.....	46
17.1 Preparación del análisis. ANÁLISIS EN MOLD FLOW.....	46
17.2 Free edges.....	48
17.3 Aspect Ratio.....	50
17.4 Mejor ubicación del punto de inyección.....	50
17.5 Tiempo de llenado.....	52
17.6 Aire atrapado	53
17.7 Clamp Force, Fuerza de cierre.....	54
17.8 Líneas de soldadura.....	55
18.Flow Analysis	56
19.Molde.....	61
20.Defectos.....	67
21.Conclusión.....	69
22.Bibliografía.	70
23.Índice de figuras.....	71

1. RESUMEN

En el siguiente trabajo se muestra la aplicación de las herramientas de diseño asistido por computadora y la herramienta de ingeniería asistida por computadora. Por sus siglas CAD (Computer assisted design) y CAE (Computer assisted engineering).

Se mostrará modelado de una pieza plástica en tres dimensiones a través de SOLID WORKS (herramienta CAD): GUÍA DE CORTE PARA HERRAMIENTA ROTATORIA. El modelado y diseño de esta pieza será basado en un producto de producción masiva.

Se mostraran los pasos de diseño para una pieza de este tipo, desde su investigación hasta el proceso de diseño modelado, la elección de materiales y el tipo de proceso a utilizar para su manufactura.

En este proyecto se explicaran los parámetros necesarios para establecer los requerimientos del diseño, la elección del material y proceso necesario para su fabricación.

Con la utilización de la herramienta CAE "Mold Flow" se simulará su inyección y se connotara con los distintos factores que pueden provocar un error en su inyección, así como las fallas de diseño y modelado que influyen en la correcta fabricación.

2. INTRODUCCIÓN

El plástico es un material que rodea nuestra vida desde hace muchos años, a cada segundo en el mundo usamos toneladas de plástico, ya sea para empaquetar objetos, hacer funcionar máquinas y aparatos o los objetos mismos se hacen de plástico. Hoy en día el avance en este material lo hace cada vez más útil, reciclando, mezclando, añadiendo propiedades e incluso usándolo en la ciencia y medicina, hasta en nuestro propio cuerpo como prótesis.

Tienen propiedades incomparables ligeros, durables, aislantes eléctricos, irrompibles, higiénicos, reciclables, aislantes eléctricos, e inertes. Todas estas propiedades hacen del plástico un material versátil, incluso actualmente en sus variantes puede sustituir en algunas aplicaciones al metal, a la madera y al vidrio.

En México la industria del plástico es uno de los sectores con más crecimiento, esta industria se divide en tres elementos: Proveedores, transformadores y usuarios finales. Cada uno de estos sectores necesita de la buena ejecución de los otros sectores. La fabricación de un producto es resultado del correcto funcionamiento de sus complementos.



Uno de los sectores con mayor crecimiento y actualización constante es el del software, los cuales son muy importantes en la etapa de diseño y modelado 3d, pero aún más importante son las pruebas digitales, simulaciones que permiten conocer errores antes de cometerlos. Programas como Solid Works Plastics, Cad flow, Mold flow, son algunos de los utilizados actualmente para predecir el proceso de inyección.

3. JUSTIFICACIÓN

La industria del plástico supera sus límites a través de nuevas tecnologías y materiales. Aunque pueda parecer sencillo llevar a producción una pieza pequeña esto incluye trabajo y análisis a fondo para que la manufactura y venta sea exitosa.

La fase más importante para cualquier producción es la etapa de diseño, existen herramientas que ayudan en este proceso incluso previenen errores que podrían ser pérdidas de capital para cualquier empresa. El diseño industrial interviene junto con el área de ingeniería uniendo opiniones y análisis en la búsqueda de una optimización de recursos y comprendiendo las necesidades del producto, usuario, y empresa.

En esta tesina se ejemplifica la aplicación de herramientas CAD y CAE, en una pieza de producción masiva.

Al hacer una elección efectiva de diseño de producto, materiales y diseño de molde se logra una optimización de uso de recursos y se desarrolla un producto de calidad.

4. OBJETIVOS

Este trabajo tiene como objetivo principal mostrar la importancia de la etapa de diseño de un producto, así como la utilización de programas de computadora que asisten al ingeniero y diseñador en el desarrollo de un proyecto.

Utilizando como base el diseño de una pieza producida masivamente, se mostraran las determinantes de diseño e ingeniería que una pieza de esta naturaleza requerimientos fundamentales para su producción y utilización.

Se definirán los requerimientos y se llevará a cabo el análisis del material necesario para su producción. Se justificara a través del diseño y función la utilización del tipo de plástico ideal y su método de procesamiento.

Se redefinirá el diseño optimizando la manufactura y proceso tomando en cuenta los lineamientos de diseño para piezas plásticas y su inyección.

Una vez definido el diseño de la pieza se presentará el diseño en modelado tridimensional utilizando la herramienta de diseño asistido por computadora "Solid Works".

Se realizará la simulación de inyección en el programa de ingeniería asistida por computadora "Mold Flow" obteniendo con este los parámetros necesarios para realizar su fabricación.

5. ANTECEDENTES

5.1 Industria del plástico en México

Según ANIPAC, la industria del plástico en México tiene inversiones por mil quinientos millones de dólares, el crecimiento y necesidades de este sector aumenta cada año. Esta área de la industria crece nacionalmente en el sector transformador, con más de cuatro mil empresas. ANIPAC señala que el valor actual de este mercado corresponde a 47 mil 530 millones, lo cual es equivalente al .5% del PIB nacional, y al 2.7% del PIB manufacturero.

El año pasado, según la misma fuente, la producción de plásticos totalizó 4.7 millones de toneladas, de las cuales el 24% fueron para bolsas y películas de plástico, 24% para autopartes y 12% para botellas de plástico.

La tecnología interviene en los nuevos productos y materiales generados, por lo tanto este sector debe estar en constante actualización para poder competir con las nuevas empresas. Desde el uso doméstico al industrial las producciones masivas de productos que afectan nuestra vida diaria y el papel tecnológico de nuestro país.



Según la asociación nacional de la industria del plástico, en el 2012 se contabilizaron 3,600 empresas un 15% más que el 2011. Se generaron más de 170 mil empleos, un aumento del 17% respecto al 2010.

- Crecimiento del 9% en producción.

Para 2013 se prevé un crecimiento de 6% a nivel global, actualmente América Latina únicamente genera el 5% del total de la producción. La producción de la industria del plástico se divide en: 47% envases y embalaje, 23% productos de consumo, 13% destinado al sector construcción y 8% para la industria electrónica. Otro 4% es para la industria automotriz, 3% para agricultura, 1% para el sector médico y el resto para otras aplicaciones.

5.2 Diseño de producto

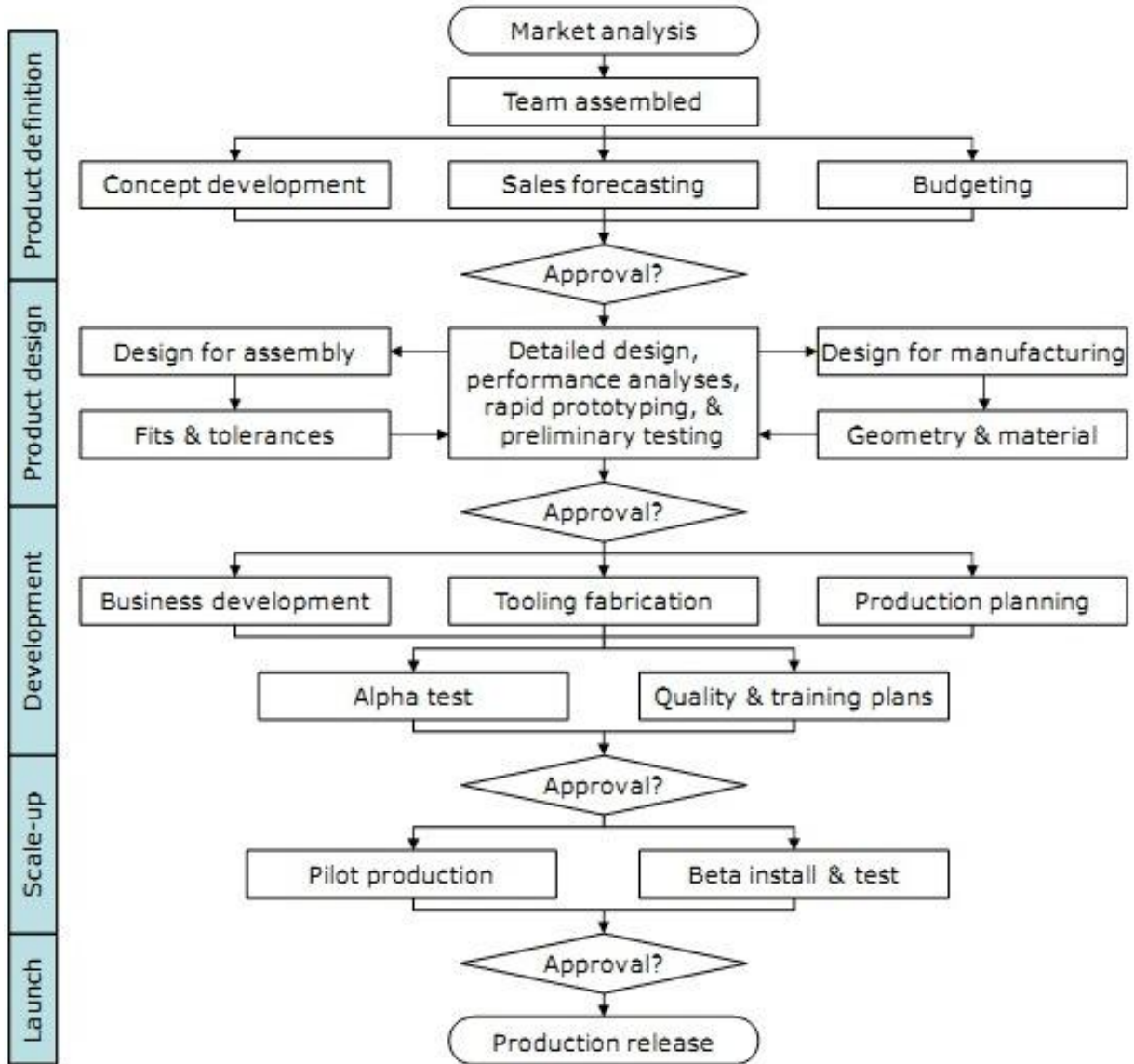
Las empresas que diseñan y fabrican nuevos productos deben de estar a un alto nivel de competitividad, los estándares de calidad se superan cada año y se generan nuevas tecnologías y herramientas.

El diseño industrial y la ingeniería intervienen en la etapa inicial de la creación de un nuevo producto, cuando cualquier objeto ha sido pensado y está listo para ser fabricado, el diseño industrial interviene a la par de la ingeniería, para poder hacer un producto que compita en calidad y precio con lo existente en el mercado. Convirtiéndose así en una herramienta que influye en la competitividad frente a productos de la misma línea.

Al diseñar un producto se debe de contemplar la función del producto en qué ambiente y uso tendrá. La factibilidad de fabricación, la estética, el material, etc. Las propiedades de un producto aumentan si son contempladas y estudiadas desde un principio.

Es así como el diseño industrial adapta y mejora el producto a producción, calidad y costo.

CICLO DE DISEÑO: PIEZA PLÁSTICA.



PLASTIC PART DESIGN CYCLE

5.3 DISEÑO E INGENIERÍA ASISTIDOS POR COMPUTADORA.

A mediados del siglo XX siglo la computadora se convirtió en una herramienta de diseño e ingeniería, enfocando muchos programas y computadoras con la generación de las herramientas CAD, CAM, y CAE. Especializadas en asistir al hombre en sus nuevos proyectos.

CAD - Diseño asistido por computadora

El uso de programas y sistemas informáticos para el diseño detallado de modelos tridimensionales.

CAM – Manufactura asistida por computadora

El proceso de utilización de los equipos especializados para controlar, monitorear y ajustar las herramientas y la maquinaria de fabricación.

CAE Ingeniería asistida por computadora.

Uso de las computadoras para ayudar en todas las fases del trabajo de diseño de ingeniería esto también implica las etapas de diseño conceptual y analítico.

El diseño asistido por computadora tiene sus inicios con el sistema Sketch pad desarrollado por Ivan Sutherland en 1963, en ese entonces era posible trabajar con una pluma de luz y una pantalla, la computadora comenzaba a recibir la información gráfica y se podían modificar los trazos. Este avance representó la comunicación entre el hombre y la máquina, y la posibilidad de nuevas tecnologías que asistieran al hombre en la etapa de diseño y planificación de proyectos.

Después de dar a conocer esta tecnología más empresas comenzaron a desarrollar sus propias tecnologías de diseño asistido por computadora , uno de los programas más destacados fue el de General Motors, el cual fue un proyecto en colaboración con IBM DAC.

A finales de los años 60 aumentó la actividad en el sector CAD, distintas empresas empezaron a crear y a comercializar software y hardware para esta industria

En la industria del software la empresa MAGI presentó Syntha Vision, considerado como el primer programa de modelado de sólidos en tres dimensiones.

CAE, Ingeniería asistida por computadora apoya a los ingenieros en el análisis, simulación, diseño, fabricación, diagnóstico y reparación.

Estas herramientas cuentan con una capacidad predictiva que poco a poco sustituye a la verificación física con prototipos de prueba, incluso con todos estos avances debe llevarse a cabo una prueba física a modo de confirmación final.

En 1986 MCS presentó un sistema de diseño y fabricación para equipos de 32 bits llamado ANVIL-5000, un software tridimensional mecánico que integraba CAD, CAM y CADD (Computer aided design development, desarrollo de diseño asistido por computadora).

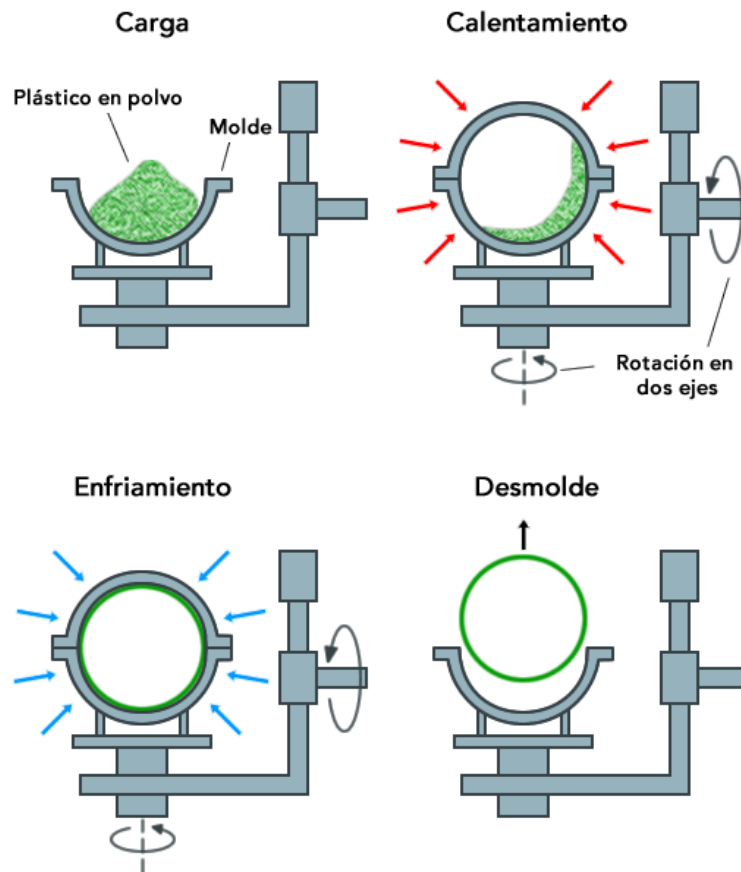
5.4 PROCESAMIENTO DE PLÁSTICOS.

Una de las características más importantes del plástico es la manera en la que se pueden transformar, existen distintos procesos para modificar la forma de los polímeros, los más importantes son: Rotomoldeo, extrusión, soplado, calandrado, moldeo por inyección.

Rotomoldeo

Este tipo de moldeo utiliza la gravedad dentro de un molde para hacer formas huecas. El molde gira provocando que el material se adhiera a las paredes del molde, se usa principalmente con polímeros termoplásticos aunque también es usado en termofijos y elastómeros. Se adapta a formas complejas y grandes.

Los moldes para rotomoldeo son menos costosos y más simples que los del moldeo por soplado o inyección. (Figura 1)



FÍGURA 1, Rotomoldeo.

Extrusión

Uno de los procesos más comunes es la extrusión, este proceso puede ser comparado con sacar la pasta de dientes de su envase, el termoplástico usualmente granulado o en polvo es forzado a pasar a través del husillo que calienta y fusiona el polímero, al salir por el perfil toma la forma deseada. (Figura 2)

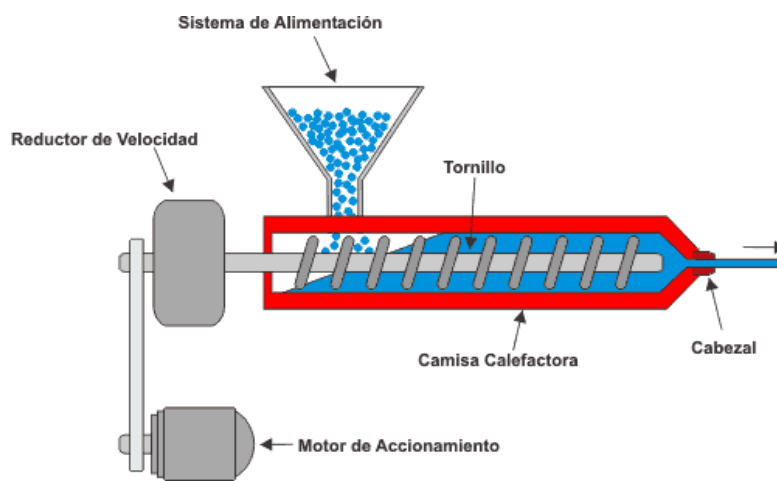


FIGURA 2, Extrusión.

Soplado

Es un proceso donde se introduce aire comprimido debajo de una hoja de termoplástico caliente dentro de la cavidad de un molde, permitiendo que se expanda en la forma del molde.

Este proceso se utiliza para la fabricación de piezas de plástico huecas, esto se consigue por medio de la presión ejercida por el aire comprimido, logrando que el polímero tome la forma del molde. (Figura 3)

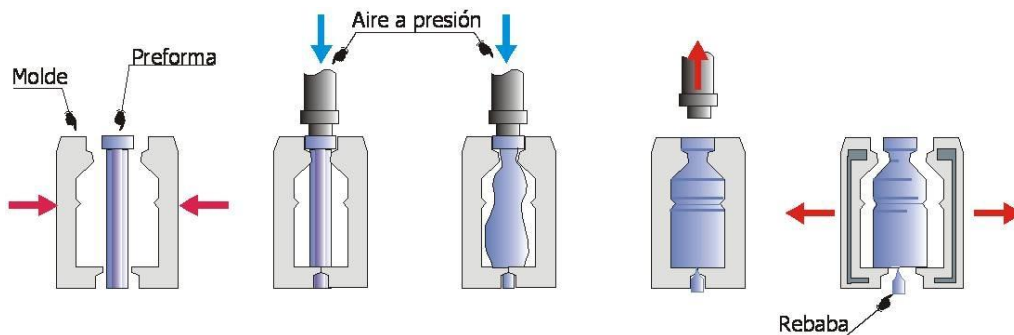


FIGURA 3, Soplado.

Calandrado.

El calandrado es un proceso por el cual se generan películas y láminas de plástico, este proceso se basa en la extrusión, hace que el material sufra un cambio drástico, pasa a una alta velocidad a través de un dado y posteriormente cambiando su forma hacia un baño de agua o sobre rodillos refrigerados. La baja temperatura de los rodillos hace que el enfriamiento del material y su posterior solidificación tome la forma y la medida deseada.

(Figura 4)

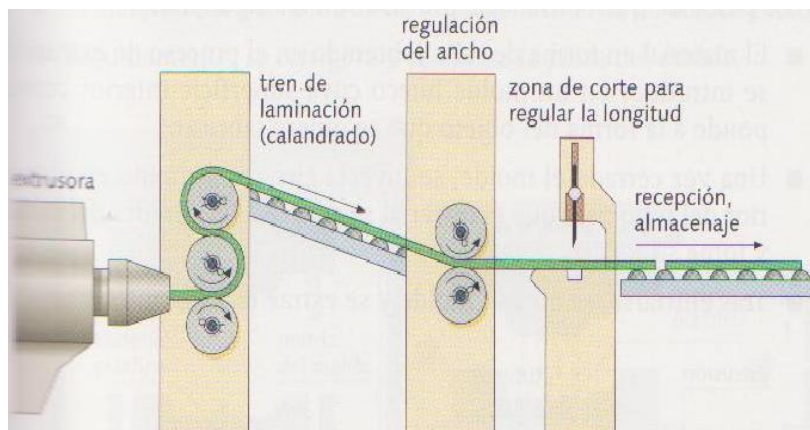


FIGURA 4, Calandrado.

5.5 INYECCIÓN DE PLÁSTICO

Inyección

Debido a que la mayoría de las piezas termoplásticas de ingeniería son fabricadas mediante moldeo por inyección, es importante para el diseñador entender el proceso de moldeo, sus capacidades y sus limitaciones.

El proceso básico es muy simple. Las resinas termoplásticas son suministradas en forma de gránulos para alimentar una tolva en la cual se seca el material antes de ser inyectado.

El moldeo por inyección es el más utilizado para los termoplásticos, es el proceso por el cual el plástico se calienta en un husillo hasta convertirse en fluido y bajo alta presión entra en la cavidad de un molde para solidificarse. Este tipo de procesamiento puede generar partes separadas e incluso diseños complejos, el tiempo de inyección puede variar de 10 a 30 segundos aunque algunas piezas requieren más tiempo.

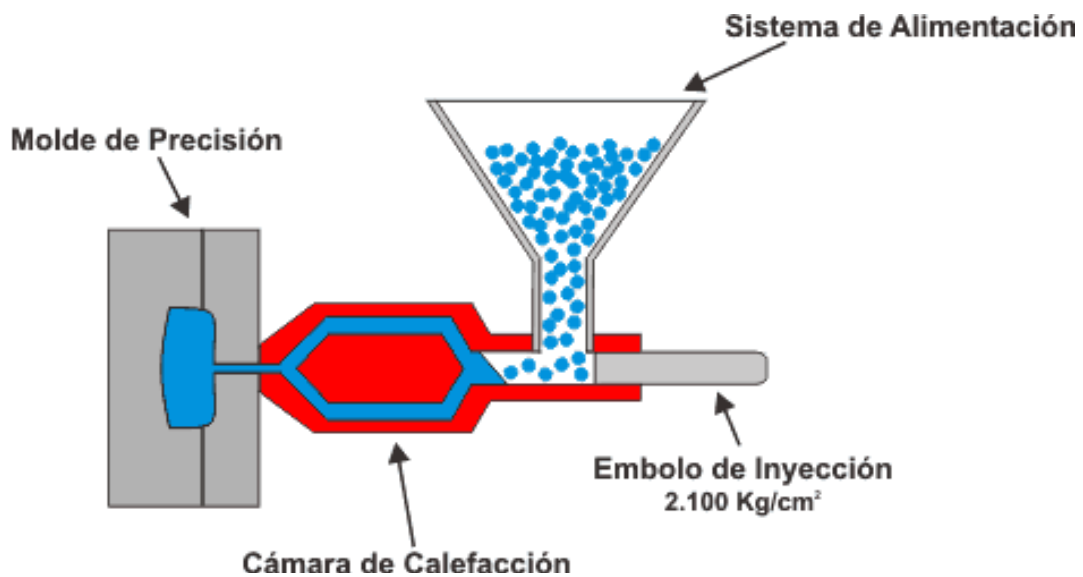


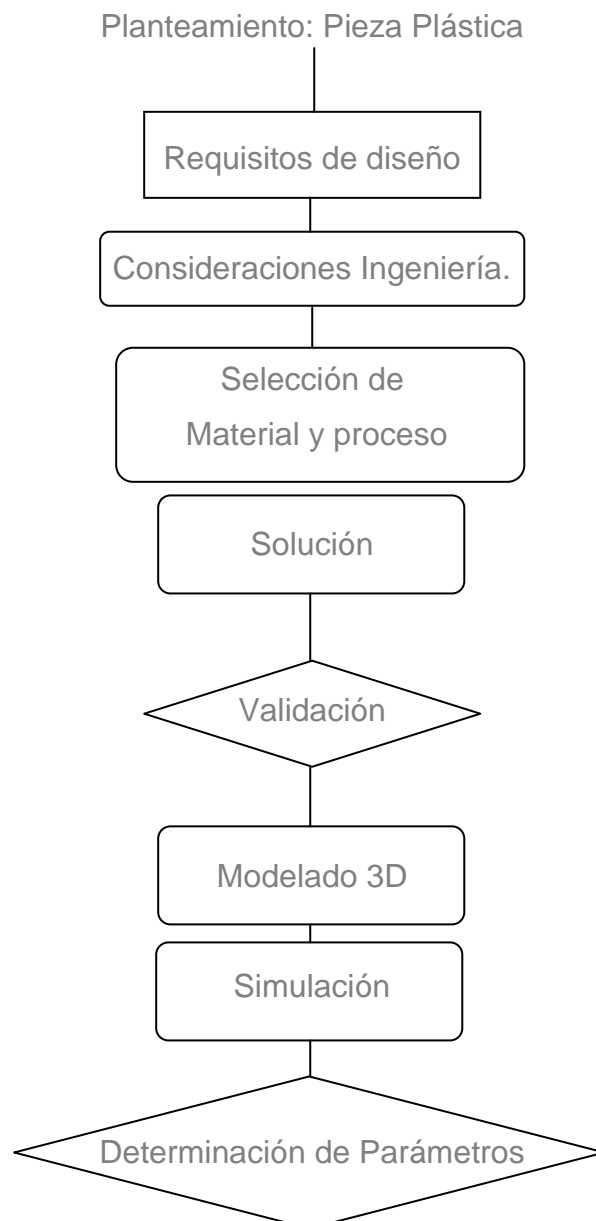
FIGURA 5, Inyección de plástico.

6. DESARROLLO DEL PROYECTO

Metodología.

PLANIFICACIÓN EJECUCIÓN ENTREGA

Ejecución de proyecto:



7. PLANTEAMIENTO: PIEZA PLÁSTICA

Pieza: Guía de corte

Guía de corte para herramienta rotatoria.

La herramienta rotatoria es un potente instrumento, puede realizar taladrado, rectificar, afilar, cortar, limpiar, pulir, lijar, grabar, etc. Todos estos trabajos se hacen con distintos aditamentos, como brocas, discos y otras puntas.

Estos trabajos además de utilizar estas puntas se deben utilizar con soportes de guía los cuales necesitan de una alta resistencia al calor y presión de una pequeña máquina que brinda una potencia de 5,000 a 35,000 rotaciones por minuto.

La pieza elegida es parte de una familia de productos que son utilizados para corte de materiales como madera, plástico, yeso, fibra de vidrio, aluminio de revestimiento, baldosas, etc. Es posible nivelar a distinta profundidad y tiene dos aberturas que funcionan como visores por los cuales se puede ver el trabajo de la broca.



FIGURA 6, Herramienta rotatoria.



FIGURA 7, Guía de corte para herramienta rotatoria.

8. PROCESO DE DISEÑO

Proceso de diseño.

El trabajo del diseñador implica un trabajo multidisciplinario, revisando concepto y funcionalidad y conociendo la estética requerida para el producto.

La metodología empleada en este trabajo atiende a mostrar la etapa de diseño y su relación con las herramientas de diseño y simulación.

El diseñador debe contemplar las posibilidades del diseño, respondiendo a los requerimientos y así lograr determinar cuáles son las características necesarias para la optimización de recursos y responder a las necesidades planteadas.

Para lograr un producto y su fabricación se debe de trabajar en conjunto con el equipo de trabajo, acudir a expertos en la materia para lograr aplicar los conocimientos de todos y lograr un proyecto exitoso.

En el caso de la pieza seleccionada existen preguntas que se deben formular para llegar al planteamiento del proyecto y posteriormente lograr su diseño.

Esta lista de preguntas está basada en el artículo “Guía de Buenas Prácticas para Diseñadores de Productos Fabricados con Materiales Plásticos” realizado por parte de AIMPLAS (Instituto tecnológico del plástico de España).

Los factores típicos a considerar en la definición de requerimientos son:

- Consideraciones estructurales o de uso.
- Condiciones ambientales.
- Requisitos dimensionales.
- Cumplimiento de la legislación vigente.
- Restricciones comerciales.

Planificación y control de proyecto de Diseño

Para asegurar un correcto desarrollo del proyecto de Diseño existen varias metodologías, a continuación algunos de los principales pasos a tomar en cuenta.

- Generación de la idea.
- Etapas del proyecto de diseño.
- Oferta/propuesta inicial.
- Definición de los objetivos.
- Descripción de las fases y tareas asociadas.
- Ejemplo de esquema de desarrollo de producto aplicado al sector del plástico.
- Asignación de los recursos.
- Determinación de hitos para la toma de decisiones.
- Secuenciación de las actividades en el proyecto y recursos relacionados.

Otros factores a considerar:

Consideraciones estructurales o de uso.

Condiciones ambientales.

Requisitos dimensionales.

Requisitos de fabricación por parte de la empresa manufacturera o comercializadora.

DISEÑO INICIAL:

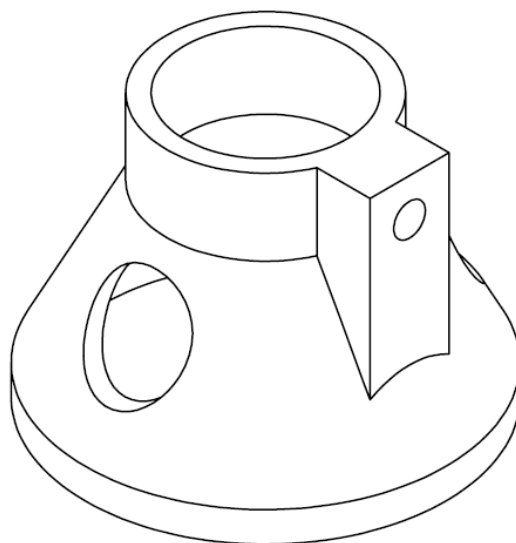


FIGURA 8, Diseño inicial.

8.1 CRITERIOS FUNCIONALES Y ESTÉTICOS

Para realizar el nuevo diseño debemos plantear una serie de preguntas que definan el rumbo del proyecto.

¿Por qué necesitamos un nuevo diseño?

Se necesita realizar una nueva línea de aditamentos para el nuevo modelo de herramienta rotatoria para un modelo diferente.

¿Cuál va a ser la función de nuestro producto?

Guía de corte, permite realizar cortes controlados y sólidos en una variedad de materiales que incluyen: tabla roca, laminados, fibra de vidrio, plástico y revestimiento de vinilo.

¿Vamos a reemplazar a otros productos existentes?

No, ya existe el mismo producto, se realizara un rediseño.

¿Cómo se va a utilizar nuestro producto?

Se posiciona en la parte inferior de la herramienta rotatoria, se ajusta a la cuerda de la maquina y se nivela la profundidad de corte.

¿Existen posibilidades de un mal uso de mi producto que pueda causar daño al Usuario?

El mal posicionamiento de la herramienta podría provocar un accidente, se proporcionan instrucciones de uso y seguridad.

¿Se tratará de un producto de un solo uso?

No, la vida útil de este producto debe ser de mínimo 5 años en base a la garantía del producto.

¿Es un producto estacional o promocional?

Estacional

¿Qué importancia tiene la apariencia del producto (acabado, color, aspecto Superficial)?

Debe seguir con la estética y acabado de la línea de productos actual.

¿Qué procesos de acabado requeriría nuestro producto (decoración posterior, Pintado, mecanizado...)?

El casco de la guía rotatoria utiliza 3 piezas para poder funcionar con la herramienta rotatoria: inserto de la guía, perilla, resorte y tuerca.

8.2 CONSIDERACIONES DE INGENIERÍA.

Lineamientos para el Diseño de piezas plásticas

Además de contemplar la función y estética del trabajo a realizar se debe diseñar para optimizar la manufactura y proceso, a fin de minimizar la cantidad de material a usar. Existen distintas reglas de diseño que deben ser aplicadas a todos los productos plásticos. Reglas generales que ayudan en la minimización de concentración de stress, usar costillas o venas de soporte para mejorar la estructura, diseñar frentes de flujo que aceleren la fluidez en el proceso de inyección. La mayoría de estas consideraciones pueden ser presentadas como lineamientos esenciales para el diseño, considerando el tipo de material y equipo.

- Líneas de partición
- ángulos de salida
- Grosor de pared
- Filos y radios
- Costillas
- Contracción
- Entrada de inyección
- Ventilación

Líneas de partición

La línea de división debe estar en la mayor dimensión de la pieza, y si es posible en un ángulo recto a la dirección de cierre del molde y la apertura.

Lo ideal sería que fuera una superficie plana para minimizar los costos de las marcas del molde, y hacer que el cierre del molde sea seguro contra la presión de inyección, minimizando errores como el flash, y simplificar la ventilación de la pieza.

Si se alinea y se opera correctamente, el flash debería tener un grosor de entre 0.02 y 0.03 mm.

Las consideraciones para las líneas de partición de una pieza plástica dependen del diseño y función de la misma, si una pieza será usada como rodamiento y será fabricada en inyección, no se puede tolerar una línea de partición en el área de rozamiento. (Figura 9)



FIGURA 9, Línea de partición

Ángulos de salida

El ángulo de salida es necesario para la extracción de la pieza del molde, siempre se debe diseñar con ángulos de salida para que el producto salga con el menor esfuerzo, las piezas moldeadas tienden a encogerse sobre núcleos o secciones macho del molde; para mantener el espesor de pared uniforme y para reducir al mínimo la adherencia de las partes calientes de la cavidad o secciones de molde hembra, los ángulos de desmolde son generalmente igual para ambas partes macho y hembra.

Para los termoplásticos no reforzados, una recomendación común es un ángulo de desmolde mínimo de $.5^\circ$, cual es equivalente a una conicidad de $0,0087 \text{ mm / mm}$. Para las reforzadas con cristal, las cuales tienen mucho menor contracción de moldeo, se recomienda un ángulo de al menos 1.5° . (Figura 10)

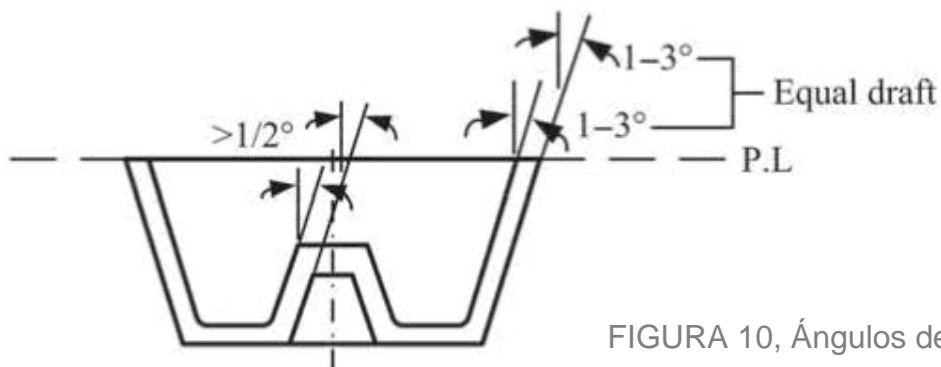


FIGURA 10, Ángulos de salida

Grosor de Pared

En la mayoría de procesos de fundición de plástico, incluyendo procesos como la extrusión y moldeo-solidificación lo mejor es tener una pared uniforme. Las secciones gruesas cerca de las secciones delgadas se enfriarán. Por ejemplo los plásticos poliéster recomiendan ser moldeados con paredes de .25 mm si las paredes serán uniformes. Los procesos como el termo formado y calandrado son para productos con paredes uniformes. Los procesos que requieran de paredes no uniformes deberán ser revisados de tal forma que el flujo de la resina sea controlado para que todas las paredes se llenen uniformemente. (Figura 12)

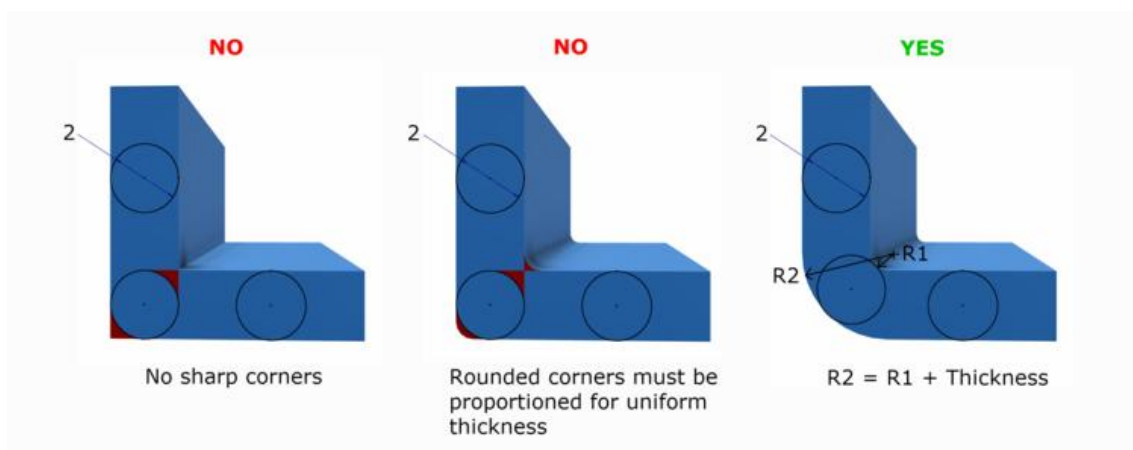


FIGURA 11, Diseño de esquinas.

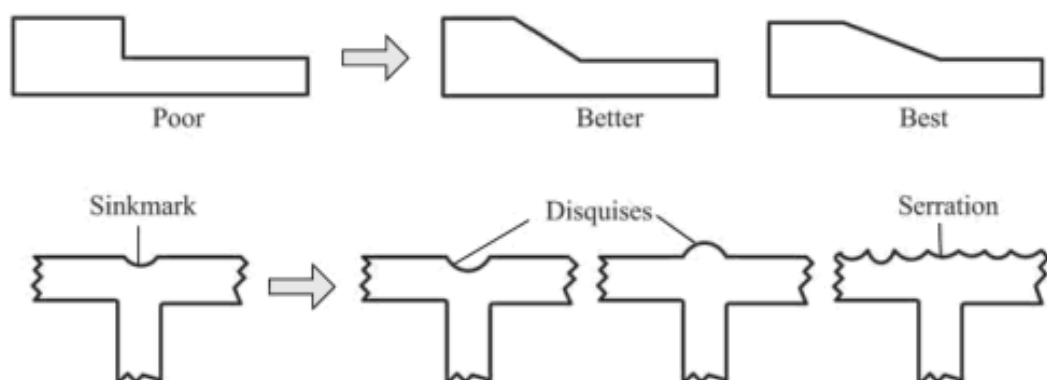


FIGURA 12, Grosor de pared.

Filos y radios

Las esquinas agudas deben ser evitadas, son una de las causas de más deterioro y concentración de tensión y mala circulación del material, a su vez provocan un mayor desgaste en las herramientas, se deben formar radios en todas las esquinas interiores y exteriores del diseño.

Un radio de 0.025 mm (0.010 in) es suficiente para evitar que una esquina interior o exterior sea perceptible para un observador casual. Para las partes altamente cargadas, un radio más amplio reducirá los efectos de concentración de esfuerzos. Para las piezas altamente reforzadas o de compresión de materiales compuestos moldeados, se necesitan más radios más generosos para lograr un flujo uniforme de resina a través de las fibras y evitar problemas de apariencia. Dentro y fuera de los radios debe ser proporcional al espesor de una pared uniforme.

Costillas

Las costillas deben ser usadas cuando sea necesaria cierta rigidez y fuerza o para ayudar en el llenado de zonas difíciles. En piezas estructurales donde los rechupes no son importantes la costilla respecto al espesor de la base puede ser de entre 75 y 85% del espesor de la pared adyacente. (Figura 13)

Para las piezas en las cuales importa la apariencia el espesor de la base de la costilla no deberá exceder del 50% del espesor de la pared contigua esto si la superficie exterior es de textura y el 30%. Los rechupes también dependen del material.

La altura de la costilla debe ser al menos 2.5 a 3 veces el espesor de la pared para que ejerza una fuerza efectiva. Si hay múltiples costillas se deben espaciar al menos 2 veces el espesor de la pared, para reducir moldeado en el estrés y los problemas en el enfriamiento del molde

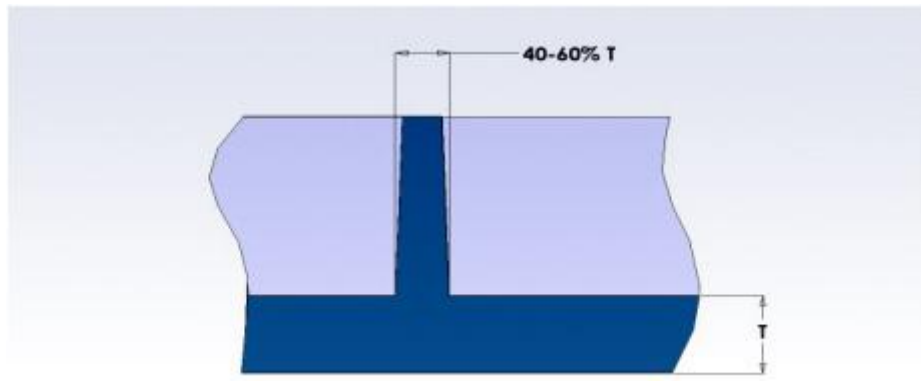


FIGURA 13, Costillas.

Contracción

La contracción es una característica de las resinas y ocurre durante el moldeo. Dependiendo del plástico se producen diferentes contracciones. Los materiales cristalinos y semi-cristalinos presentan una mayor contracción que materiales amorfos.

Es importante seleccionar el material antes de construir el molde, y especificar la contracción. Los datos de encogimiento de los materiales se obtienen a partir de pruebas ASTM o pruebas ISO.

La contracción del material puede variar con la parte y el diseño de la herramienta: Paredes gruesas tendrán una mayor tasa de contracción que las paredes delgadas, las variaciones de espesor pueden causar deformaciones y modificar la dirección de flujo.

La contracción también es causada por las condiciones del proceso, se debe de considerar el aumento de presión de la cavidad y la contracción disminuirá. Otros factores son la temperatura de fundición y la temperatura del molde, los moldes más fríos reducirán la contracción, mientras las temperaturas más altas de fundición incrementarán el defecto, esto ocurre especialmente con los materiales semi-cristalinos.

Entrada de inyección

Las entradas de inyección se conectan a todo el diseño, la elección del punto de entrada depende de diseño de la pieza, su geometría y la selección de materiales.

El tamaño, tipo y número de puntos de inyección se deben acotar.

- Deben estar situadas lejos de mucho estrés o áreas de impacto.
- La configuración y ubicación debería mínimamente afectar la apariencia de la pieza.

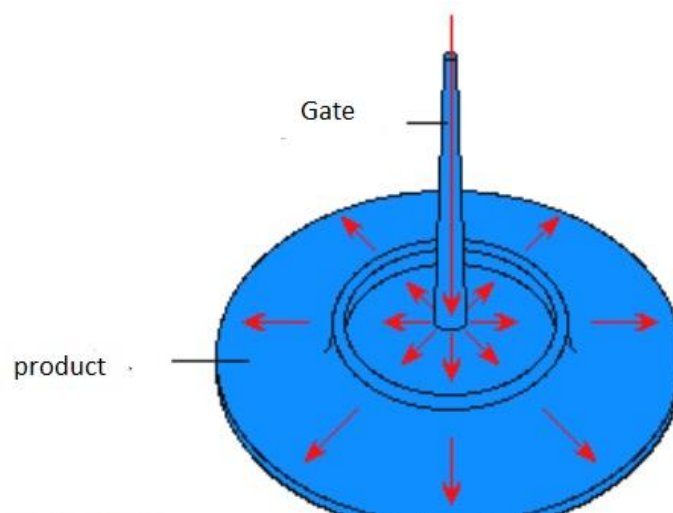


FIGURA 5, Punto de inyección

Ventilación

En algunas partes del molde se requiere permitir la entrada de aire y el escape de gases. La falta de ventilación puede provocar una presión de inyección excesiva y marcas de quemaduras.

Hay muchas maneras de desahogar un molde normalmente se usan numerosos canales poco profundos en la línea de separación, las dimensiones de los canales dependen del material inyectado.

9. MATERIALES PLÁSTICOS

Selección

La estructura básica del plástico está formada por cadenas de macromoléculas naturales o sintéticas de elevado peso molecular, constituidas principalmente de carbono, estas moléculas son los polímeros. Pueden ser naturales, como la celulosa o proteínas, o sintéticos obtenidos directamente del petróleo.

Los polímeros se constituyen de la repetición de monómeros, los cuales se unen mediante reacciones químicas de polimerización. La cantidad de unidades simples que se repiten en una molécula se conoce como grado de polimerización (n)

Existen dos tipos fundamentales de polimerización, la polimerización por adición o poliadición y la polimerización por condensación o policondensación.

La poliadición es el proceso por combinación química de un gran número de moléculas de monómero, en el que los monómeros se combinan para una cadena ya sea por la orientación del doble enlace o mediante el fraccionamiento de anillo. No hay productos secundarios se separan y ningún átomo de hidrógeno se mueven dentro de la cadena durante la reacción. El proceso se iniciará por el consumo de energía (por la luz, el calor o radiación) o mediante el uso de catalizadores. La Poliadición en la etapa de reacción es un proceso por combinación de unidades de monómero sin una reacción de dobles enlaces o la separación de compuestos de bajo peso molecular el hidrógeno Y los átomos pueden cambiar de posición durante el proceso

Poli condensación: Generación de plásticos por la acumulación de compuestos poli funcionales donde se desprenden moléculas como el agua o amoníaco.

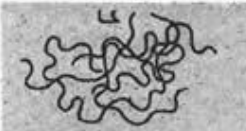
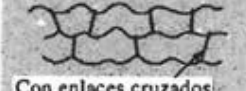

Las unidades de monómero son moléculas basadas en los carbonos orgánicos. Además del carbono y átomos de hidrógeno como componentes principales el monómero puede contener elementos como el oxígeno, nitrógeno, azufre, flúor o cloro. El tipo de elementos, su proporción y las moléculas de monómero generan plásticos diferentes, como las poliamidas o el poliuretano.

Ventajas de los plásticos

- Ligereza, tienen una baja densidad ($[0.8 - 2] \text{ g/cm}^3$).
- Diversas propiedades mecánicas: desde duros y frágiles (composites) hasta blandos y flexibles (elastómeros) pasando por los duros y tenaces.
- Resistencia a los agentes químicos inorgánicos y un gran número de disolventes.
- Baja conductividad térmica, por lo que se puede utilizar como aislante térmico y eléctrico.
- Propiedades ópticas.
- Resistencia a la corrosión.
- Inocuidad fisiológica.
- Versatilidad de transformación y de diseño.
- Admiten una gran cantidad de aditivos que modifican sus propiedades.
- Bajo costo
- Reciclable.

Los plásticos se pueden dividir en tres grandes grupos:

- Termoplásticos
- Termoestables
- Elastómeros

Comportamiento	Estructura general	Diagrama
Termoplástico	Cadenas lineales flexibles	
Termoestable	Red rígida tridimensional	 Con enlaces cruzados
Elastómero	Cadenas lineales con enlaces cruzados	 Con enlaces cruzados

Termoplásticos.

Las resinas termoplásticas constan de cadenas macromoleculares sin enlaces cruzados entre las cadenas. Las cadenas macromoleculares pueden tener l cadenas laterales orientadas o pueden crear fases cristalinas distribuidas. La química y la estructura de las resinas termoplásticas tienen una influencia en la resistencia química y la resistencia contra los efectos ambientales, como la radiación UV. Las resinas termoplásticas pueden variar de transparencia óptica a opaco, dependiendo del tipo y la estructura del material. En material opaco, la luz es dispersada internamente por la estructura molecular y la transmisión directa de la luz es muy deficiente con el aumento de espesor del material.

Al aumentar la temperatura de un termoplástico se reblandece y funde, se puede moldear y después volver a su estado sólido al ser enfriado.

Los materiales termoplásticos son reciclables, pues se puede repetir el ciclo de fundición y el plástico volverá a su estado sólido.

La viscosidad de la colada depende de la estructura interna, como promedio peso molecular y la difusión del peso molecular alrededor del valor medio. De acuerdo con la norma DIN EN ISO 1133:2005-2009, el índice de flujo de fusión es una para medir la viscosidad de fusión. El índice de flujo en fusión da la cantidad de material que va a ser extruido en 10 min a través de una boquilla de diámetro estandarizado mediante el uso de una fuerza determinada.

Los valores de índice de flujo de fusión bajo significan alta viscosidad con comportamiento de flujo glutinoso de la colada (materiales para la extrusión). El aumento de flujo de índice de fusión de los valores de resultado en la disminución de la viscosidad y el comportamiento de flujo de fusión más ligero (materiales para moldeo).

Termoplásticos Amorfos y Cristalinos.

Amorfos (sin forma)

Las cadenas de polímeros están en disposición aleatoria. Estructura molecular es incapaz de formar un orden regular (cristalización) con moléculas o partes de moléculas apilados regularmente de manera similar al cristal. La disposición molecular es al azar torcido, doblado y enrollado.



FIGURA 14, Plásticos Amorfos.

Cristalino - Las cadenas de polímero forman un patrón regular. Estructura molecular Forma orden regular (cristales) con moléculas o partes de moléculas apilados regularmente de manera similar al cristal de manera ordenada.



FIGURA 15, Plásticos cristalinos.

Los polietilenos se presentan en dos modalidades, de alta y de baja densidad.

Los POLIETILENOS DE ALTA DENSIDAD (HDPE) se hacen de tal forma que las cadenas de polímero son rectas, lo que permite que están apiñadas, produciendo un material de alta densidad. Al estar las cadenas muy juntas las fuerzas de atracción entre ellas son muy grandes y tienen menos libertad para moverse. El resultado es un plástico bastante rígido, fuerte y resistente. Se ablanda a una temperatura bastante alta (120 – 130 °C) y es resistente al ataque químico.

Aplicaciones: Cajas, juguetes, tuberías, botellas....

Los POLIETILENOS DE BAJA DENSIDAD se fabrican mediante un proceso que produce en las cadenas del polímero bifurcaciones laterales. Estas bifurcaciones impiden que las cadenas se apiñen, y como consecuencia la atracción entre ellas es más débil. El plástico es más blando y más flexible que el polietileno de alta densidad. Hace falta menos energía para separar las cadenas, lo que se traduce en que se ablanda a una temperatura inferior (85 °C). Este polímero puede ser transparente u opaco y es muy buen aislante.

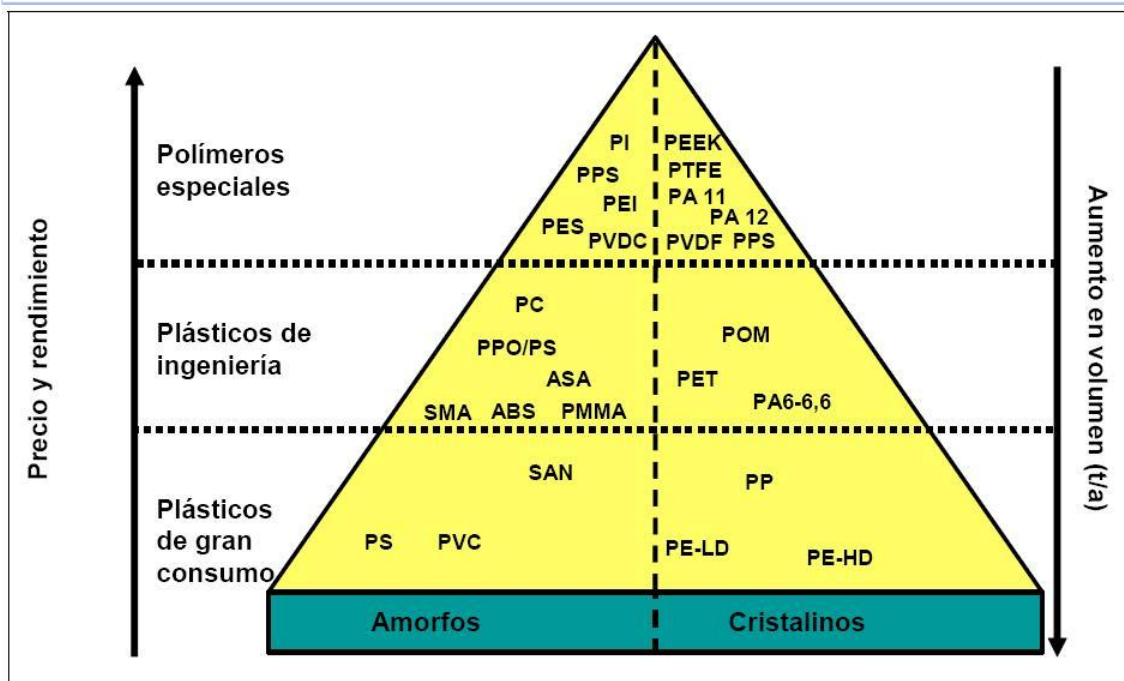
Es el plástico que probablemente más “consumimos” nosotros.

Aplicaciones: bolsas, sacos de dormir, invernaderos...

POLIPROPILENO

Pertenece a la misma familia de plásticos que los polietilenos. Sin embargo es más resistente y más rígido que el polietileno de alta densidad. También presenta mayor resistencia al calor, ablandándose aproximadamente a 150 °C. Es el termoplástico de menor densidad y sin embargo tiene una resistencia muy grande al hociqué.

POLYMERS/ POLIMERO	DENSITY/ DENSIDAD	SHRINKAGE/ ENCOGIMIENTO	DRYING TIME/TIEMPO DE SECADO	DRYING TEMP/ TEMPERATURA DE SECADO
ABS	1.07 g/cm ³	0.60%	4 hours	80°C
ACETAL CO-POL	1.42 g/cm ³	3.00%	3 hours	80°C
ACRYLIC	1.18 g/cm ³	3.00%	6 hours	80°C
EVA	0.935 g/cm ³	2.00%	NOT REQUIRED	
GPPS	1.05 g/cm ³	0.40%	NOT REQUIRED	
HDPE	0.960 g/cm ³	3.00%	NOT REQUIRED	
HIPS	1.05 g/cm ³	0.60%	3 hours	60°C
LDPE	0.923 g/cm ³	3.00%	NOT REQUIRED	
NYLON 6	1.13 g/cm ³	1.50%	5 hours	90°C
NYLON 66	1.15 g/cm ³	1.50%	5 hours	90°C
PBT G/F	1.52 g/cm ³	1.00%	8 hours	120°C
POLYCARBONATE	1.20 g/cm ³	0.70%	6 hours	120°C
POLYPROPYLENE	0.905 g/cm ³	2.00%	NOT REQUIRED	
SAN	1.08 g/cm ³	0.50%	5 hours	80°C



Termoestables

Los plásticos Termoestables son resinas plásticas, con estrechas entrecruzadas cadenas moleculares. Son duros y frágiles. Debido a la fuerte resistencia de movimiento molecular causado por el entrecruzamiento de moléculas, su resistencia mecánica y elasticidad no son dependientes de la temperatura, como con termoplásticos o elastómeros.

Los termoestables no se pueden fundir y unir por procesos térmicos como soldadura ultrasónica o soldadura láser. Al exceder la temperatura de descomposición, el material se puede descomponer químicamente.

Elastómeros.

Por lo general, no pueden fundirse sin degradación de la estructura molecular. Por encima de la temperatura del vidrio, como el estado de la aplicación, los elastómeros son elásticos y suaves.

Algunos ejemplos de elastómeros son resina de butadieno, resina de butadieno estireno o resina de poliuretano.

El aumento de temperatura afecta a un aumento de la elasticidad, causada por la reducción de los efectos de refuerzo de los enlaces cruzados y aumentar la movilidad de las cadenas de la molécula.

Al exceder la temperatura de descomposición, el átomo de unión dentro y entre las cadenas de la molécula se rompe y el material se puede descomponer químicamente.

10. SELECCIÓN DEL MATERIAL.

En el diseño de producto se debe tener en consideración una gran cantidad de materiales y al mismo tiempo se debe de considerar el proceso, pues la configuración del producto, fabricación y acabado y a su vez los materiales están fuertemente relacionados. Adicional a esto se debe tomar en cuenta elementos como la garantía de calidad y estrategias de costo.

No existe una línea sistematizada que ayude a elegir el material correcto para un producto, sin embargo existen ciertas reglas que pueden apoyar en la búsqueda del material correcto.

La selección del material debe comenzar en una lista de materiales donde se presenten los principales criterios de rendimiento, se debe reducir la lista a los mejores candidatos por un proceso de eliminación.

Los detalles del diseño de producto dependen del material y proceso elegido.

La elección del material debe ser basada en los criterios funcionales de la pieza a fabricar, los requerimientos de función son propiedades físicas, como la habilidad de funcionar a altos rangos de temperaturas, resistencia a productos químicos y otras condiciones del ambiente.

Algunas de las consideraciones de diseño son: el costo de materia prima, el costo de proceso y herramientas, la posibilidad de reciclado, el uso de materiales que se usen ya en la empresa.

El material final involucra los requerimientos funcionales y estéticos, los materiales con las mejores propiedades físicas raramente serán los mejores materiales a utilizar.

11. CRITERIOS DE SELECCIÓN DEL MATERIAL.

CARACTERÍSTICAS IMPORTANTES PARA SU APLICACIÓN

Termoplásticos amorfos

- Se suavizan en un alto rango de temperaturas
- Buena formabilidad
- Transparencia
- Mala Resistencia química
- Bueno para el uso de adhesivos o disolventes
- Propenso al agrietamiento por tensión
- Poca resistencia a la fatiga
- No apto para el rodamiento y desgaste

Termoplásticos semi cristalinos

- Punto de fusión definido
- Poca capacidad de conformación
- opaco
- Buena resistencia química
- Dificultad para unir con adhesivos o disolventes
- Resistente a la fisuración bajo tensión
- Buena resistencia a la fatiga
- Bueno para rodamiento y desgaste (así como aplicaciones estructurales)

Posibles Materiales a elegir

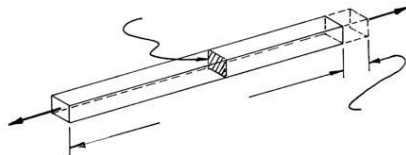
- ABS
- Acrílico
- Kydex[®]
- Noryl[®]
- PETG
- policarbonato
- El poliestireno (HIPS)
- Polysulfone
- PVC
- Radel[®] R
- Ultem[®]

Posibles Materiales a elegir

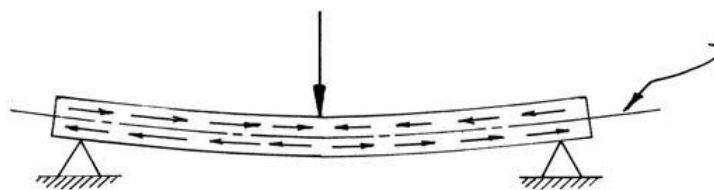
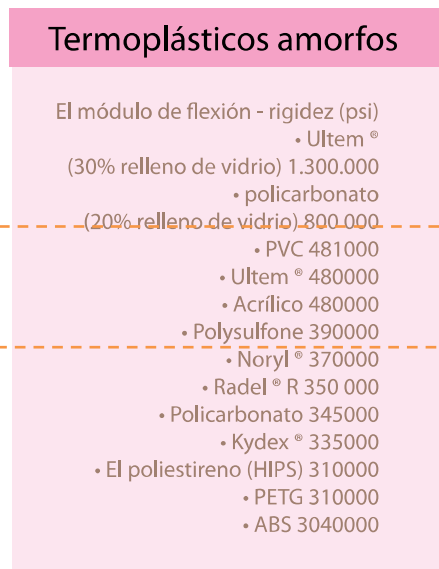
- Acetal
- HDPE
- LDPE
- Nylon
- PBT
- PEEK
- PET
- polipropileno
- PPS
- PTFE
- PVDF (Kynar[®])
- UHMW-PE

¿Es la temperatura un factor importante?
 ¿Qué tan importante es el costo?

COMPARAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
 ¿ES LA RESISTENCIA A LA TENSIÓN IMPORTANTE?

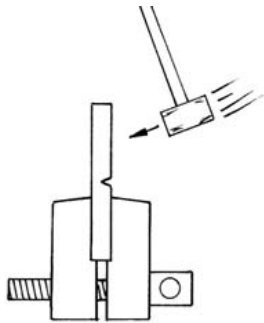


COMPARAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
 ¿ES el módulo de flexión (resistencia a la flexión) IMPORTANTE?



COMPARAR LAS PROPIEDADES MECÁNICAS
¿El Impacto Izod (RESISTENCIA) es importante?

Termoplásticos amorfos	
Al impacto Izod (con muescas) - dureza (ft-lbs/in)	
	• Kydex [®] 18
	• Policarbonato 12,0-16,0
	• Radel [®] R 13
	• ABS 7.7
	• Noryl [®] 3.5
	• El poliestireno (HIPS) 2,0
	• PETG 1.7
	• Polysulfone 1.3
	• Ultem [®] 1.0
	• 1.0 PVC
	• Acrílico 0,4



12. ABS

El plástico ABS está basado en tres monómeros, acrilonitrilo, butadieno y estireno. Los componentes poliméricos tienen composiciones químicas diferentes y coexisten en dos fases separadas donde la compatibilidad es controlada por su estructura y micro estructura química.

Los polímeros de ABS tienen una alta dureza (incluso en el frío), buena rigidez, y una buena resistencia al calor, productos químicos y agrietamiento por tensión ambiental. Los artículos moldeados con alta estabilidad dimensional y una buena calidad de la superficie pueden ser producidos por técnicas de procesamiento simples. Aunque cada una de estas propiedades se pueden probar por otros termoplásticos, ningún otro sistema muestra una buena combinación de propiedades técnicamente importantes.

Grosor de pared recomendada para el ABS.

Resin	Recommended Wall Thickness (in.)
ABS (Acrylonitrile Butadiene Styrene)	0.045 - 0.140

Propiedades:

Los grados estándar ABS han sido desarrollados específicamente para satisfacer las necesidades de los clientes más importantes. El ABS se modifica fácilmente tanto por la adición de los aditivos y por la variación de la relación de los tres monómeros acrilonitrilo, butadieno y estireno: por lo tanto, los grados disponibles incluyen alto y medio impacto, alta resistencia al calor, y electroplatable.

El refuerzo de fibra puede ser incorporado para aumentar la rigidez y estabilidad dimensional. El ABS es fácilmente mezclado o aleado con otros polímeros aumentar aún más la gama de propiedades disponibles.

El retardo de fuego puede ser obtenido ya sea por la inclusión de los aditivos retardantes del fuego o por mezcla con el PVC. El material natural es un color marfil opaco y es fácilmente coloreada con pigmentos o colorantes. Los grados transparentes también están disponibles, el material suele ser moldeado por inyección o extrusión.

Desventajas

- Resistencia a la intemperie Limitada
- El calor moderado, la humedad y la resistencia química
- Relativamente alto costo
- Inflamable con alta generación de humo

Debido a su resistencia, precio, y practicidad en cuanto a su procesamiento el ABS tiene las propiedades necesarias para el producto a fabricar, la línea de productos ya utiliza este plástico.

ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene)

ROYALITE*



ABS is a low cost thermoplastic material with outstanding impact resistance, machinability, and thermoforming characteristics. It is an excellent choice for machine housings, retail store fixtures, and point-of-purchase displays where impact resistance is required.

Royalite® R59 is a fire-rated ABS/PVC alloy sheet material, that is often used for transportation, architectural, and electronics applications that require UL certifications.

Royalite® R84/21 is an ABS sheet material with a proprietary weatherable cap layer for improved performance in outdoor environments. The material is an excellent choice for marine, automotive, and recreational vehicle components where good weatherability is required.



KEY CHARACTERISTICS:

- Outstanding impact resistance
- Good machinability
- Easy to thermoform
- Easy to bond with adhesives
- Strong and stiff
- Low cost
- Flame retardant grades available
- Available in a wide variety of colors and textures

APPLICATIONS:

- Machine housings, guards, and covers
- Instrument panels
- Point-of-purchase displays
- Models and prototypes
- Thermoformed trays and tote bins

ABS TYPICAL PROPERTIES:

	UNITS	ASTM TEST	ABS	ROYALITE® R59	ROYALITE® R84/21
Tensile strength	psi	D-638	4,100	5,200	4,600
Flexural modulus	psi	D-790	304,000	290,000	270,000
Izod impact (notched)	ft-lbs/in of notch	D-256	7.7	10.0	7.0
Heat deflection temperature @264 psi	°F	D-648	177	170	205
Maximum continuous service temperature in air	°F		160	-	-
Water absorption (immersion 24 hours)	%	D-570	0.30	-	-
Coefficient of linear thermal expansion	in/in°Fx10 ⁻⁶	D-696	5.6	4.6-5.5	4.2-5.6

13. LINEAMIENTOS PARA LA SELECCIÓN DE PROCESO

Inyección: Selección de proceso.

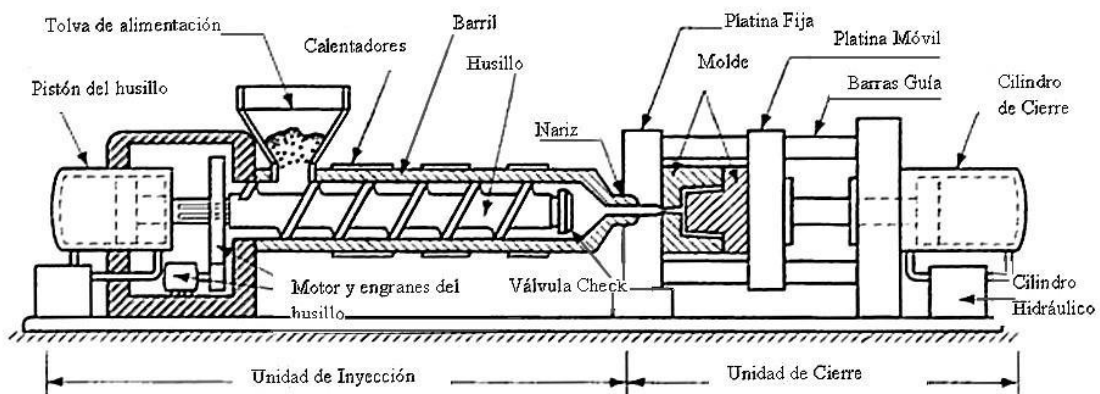
El moldeo por inyección es el proceso predominante para la fabricación de los termoplásticos en formas acabado molde de inyección , y cada vez se está utilizando para los plásticos termo endurecibles , materiales compuestos rellenos de fibra , y elastómeros .

Es el proceso de elección para la tremenda variedad de piezas que van en peso de 5 g a 85 kg .

Una máquina de moldeo por inyección de tornillo de movimiento alternativo combina las funciones de extrusión y de moldeo y la compresión. Se necesita gránulos sólidos de la resina termoplástica, funde y los presuriza en la sección extrusora, fuerza a la masa fundida a alta velocidad y la presión a través de canales de flujo diseñados cuidadosamente en un molde enfriado, a continuación, expulsa las piezas acabadas, y recicla de forma automática. Esta máquina es un descendiente del tipo "máquina de rellenar" este pistón patentado por los hermanos Hyatt en 1872 para moldear celuloide. En 1878, Hyatts desarrollado el primer molde multicavidad, pero no fue hasta 1938 que Quillery (Francia) patentó una máquina que incorpora un tornillo para plastificar los elastómeros siendo moldeado. En 1956, Ankerwerk Nuremberg comercializó la máquina de moldeo por inyección de tornillo alternativo módem para termoplásticos. http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_2/maquina.html

La Máquina de Inyección

FIGURA 16, Máquina de inyección



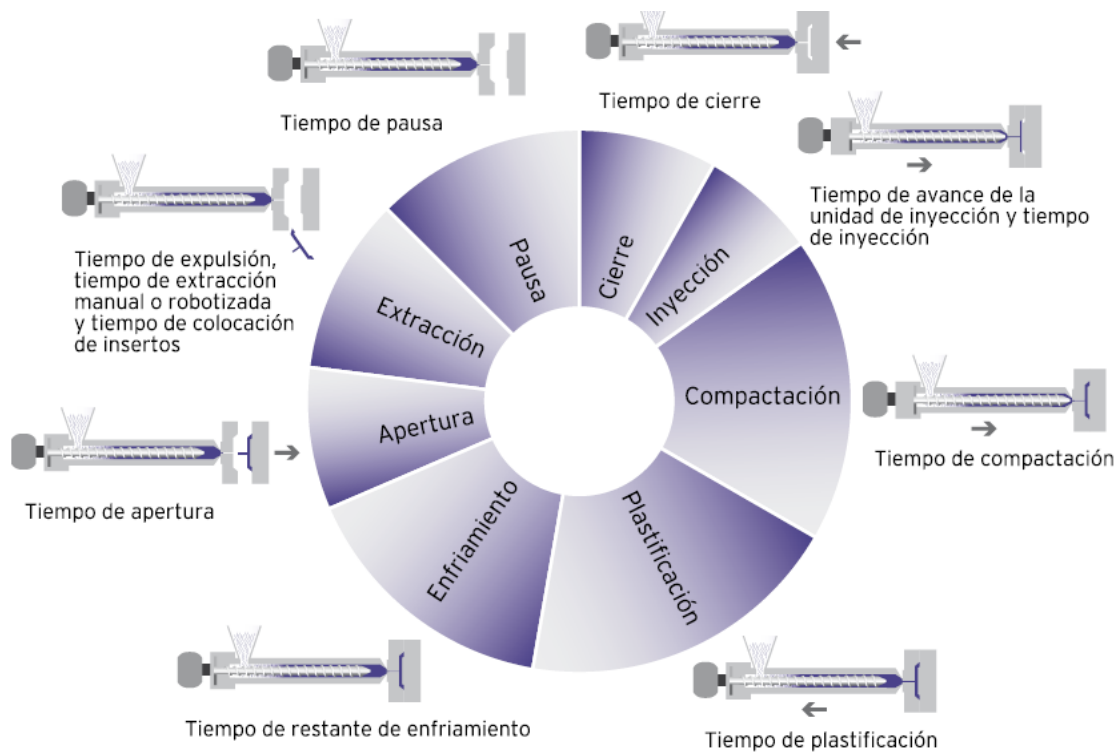
Partes de una máquina de inyección típica.

14. PROCESO DE INYECCIÓN

El ciclo de inyección se puede dividir en las siguientes etapas.

- Cierre de molde
- Inyección
- Enfriamiento
- Apertura
- Salida de pieza.

FIGURA 17, Cronograma del proceso de inyección.



La parte más larga del ciclo de moldeo por inyección es con frecuencia el tiempo de enfriamiento para las partes. Esto depende de los ajustes de temperatura, el espesor de la pared parte, y la forma de la pieza. Aquí específicamente un ejemplo del tiempo de inyección de una pieza plástica:

Mold close and lock	2.00
Injection	3.00
Screw dwell (hold until gate seals)	2.00
Part cooling	15.00
Mold opening	3.00
Ejection and mold opening dwell	3.00
Total, s	28.00
Cycles/hr	128
Cycles/24 hr	3085

Para el caso de la inyección de plásticos, se han de tener en cuenta las siguientes restricciones:

- Dimensiones de la pieza. Tendrán que ser reproducibles y de acuerdo a unos valores determinados, lo que implicará minimizar las contracciones de la misma.
- Propiedades mecánicas. La pieza deberá resistir las condiciones de uso a las que esté destinada durante un tiempo de vida largo.
- Peso de la pieza. Es de gran importancia, sobre todo, porque está relacionado con los requerimientos de diseño.
- Tiempo de ciclo. Para aumentar la producción será necesario minimizar, en lo posible, el tiempo de ciclo de cada pieza.
- Consumo energético. Una disminución del consumo energético implicará un menor costo de producción.

Proceso de inyección:

Los factores predominantes en la selección de proceso para la fabricación de resinas termo estables o termoplásticos compuestos en los productos terminados son los siguientes:

Forma general:	Simple o compleja, hueca o sólida, plana o redonda
Tamaño general:	Grande o pequeño, grueso o fino.
Material:	Rígida, flexible, espuma o material o combinación
Tolerancias:	Cerca, media o alta.
Volumen de producción:	Prototipo, bajo, medio o alto
Capital	Capital requerido para herramientas y maquinaria.

Inyección de plástico:

El proceso de inyección de plástico es recomendable para productos con las siguientes características.

Formas:

Casi ilimitadas en complejidad. Los moldes permiten diferentes partes a ser inyectadas en cada cavidad. Decoración en el molde y etiquetado disponible. Gran variedad de equipos de automoción.

Tamaños:

De muy pequeños a muy grandes. Una máquina grande se basa en la demanda, pequeñas máquinas son para los artículos comunes.

Materiales:

Cualquier termoplástico térmicamente estable.

Tolerancias:

Excelente control es posible darle acabado y superficie, excelente estabilidad si la operación de herramientas y equipo es correcta.

Tasa de salida:

De moderada a alta. Tan rápido como un ciclo / 3 segundos y más de 100 cavidades / molde.

Capital: moderado a alta. De moderada a alta. Tan rápido como un ciclo / 3 segundos y más de 100 cavidades / molde

14.1 MOLDES

El diseño de molde para la producción de una pieza determinada en plástico es el resultado de una cuidadosa evaluación de los elementos y datos disponibles para llegar a la solución más conveniente del problema. Para una buena opción y obtener lo más adecuado.

14.1 PARTES DE MOLDES

FIGURA 18, Molde de inyección

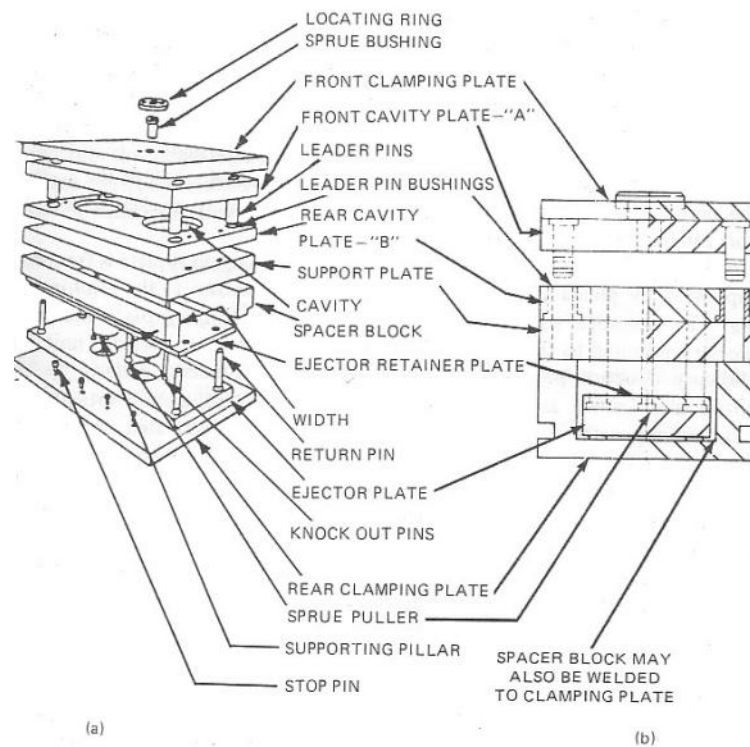


Fig. 3-1. a, Exploded view of mold base. b, Cross section of mold base.

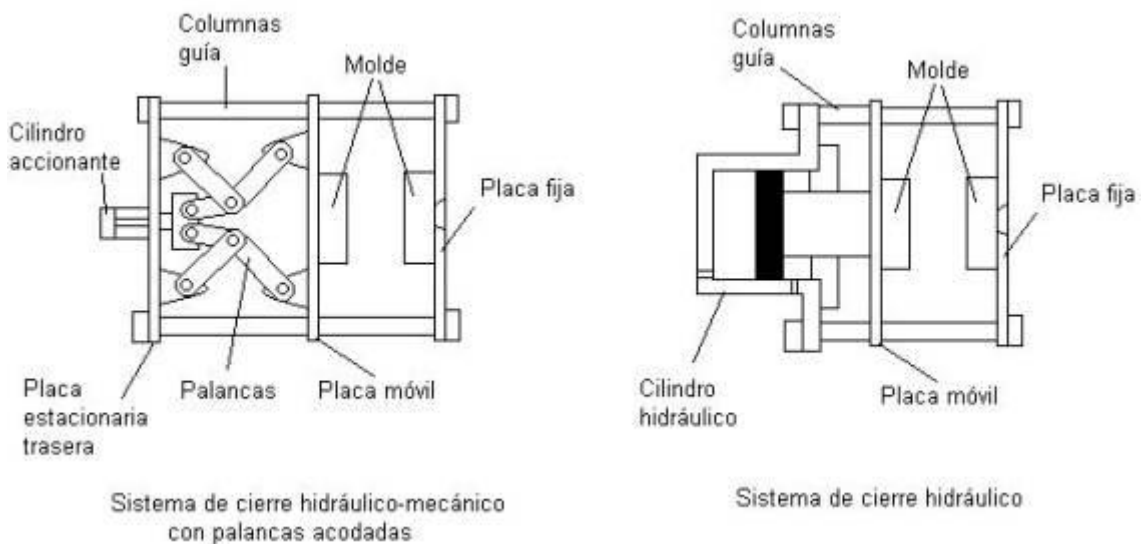


FIGURA 19, Tipos de cierre de molde.

15. MODELADO EN SOLID WORKS DE PIEZA: GUÍA DE CORTE PARA HERRAMIENTA ROTATORIA

SolidWorks ofrece una completa variedad de herramientas de croquizar para la creación de geometría de perfiles.

El croquizado es el acto de crear un perfil de 2 dimensiones compuesto por geometrías de estructura alámbrica.

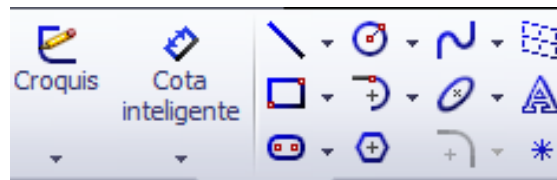


FIGURA 20, Herramientas croquis, Solid Works.

Se diseña el perfil a revolucionar con las dimensiones necesarias.

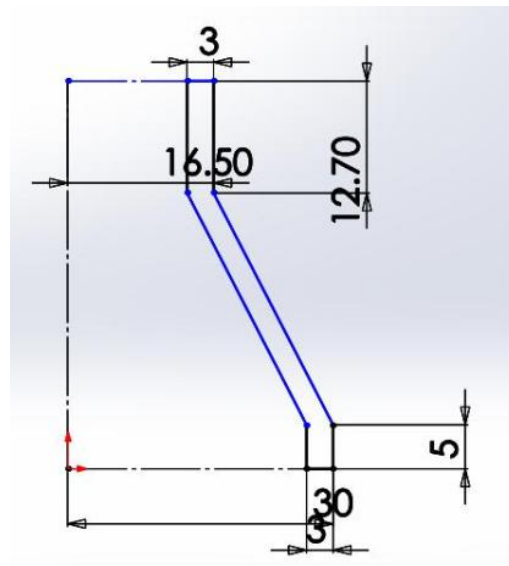


FIGURA 21, Croquis diseño, Solid Works.

Posteriormente se escoge la herramienta revolución

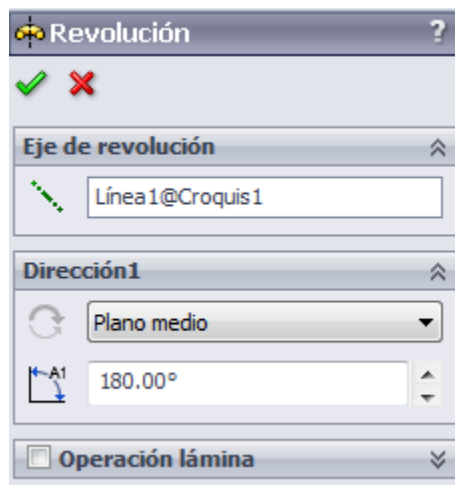


FIGURA 22, Herramienta Revolución, Solid Works.

Al realizar la revolución obtenemos una pieza así.

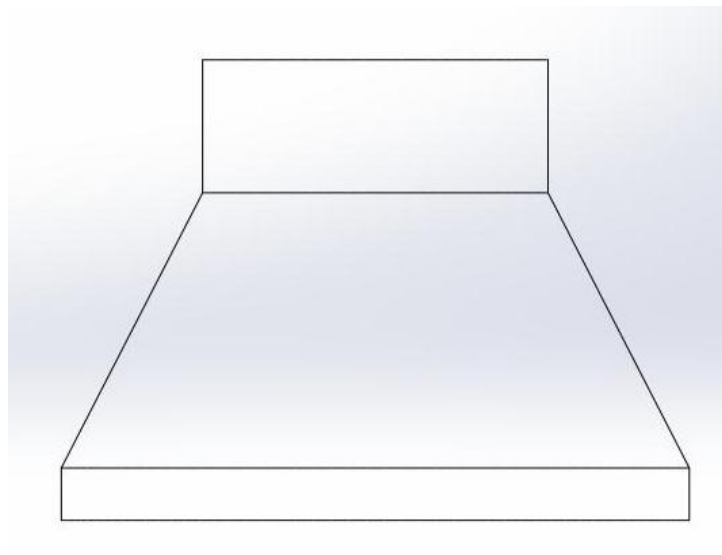


FIGURA 23, Revolución, Solid Works.

Se realiza un nuevo croquis en uno de los planos de la pieza, se genera una figura con un rectángulo y cada costado es medio círculo, posteriormente se elije la herramienta de corte y se verifican los parámetros.

FIGURA 24, Herramienta extrusión, Solid Works.

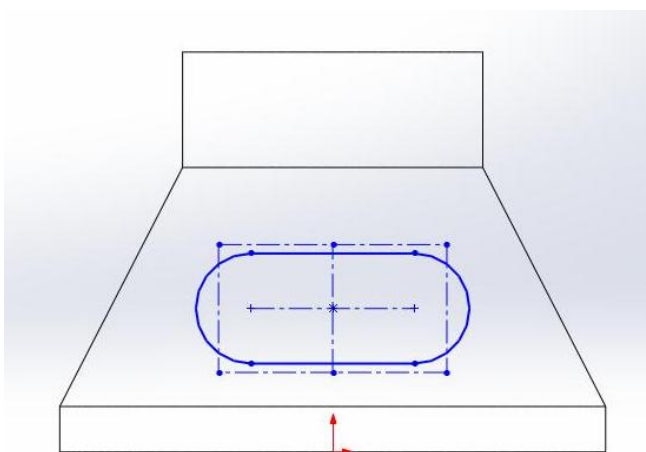
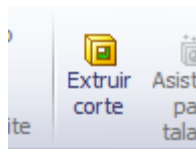
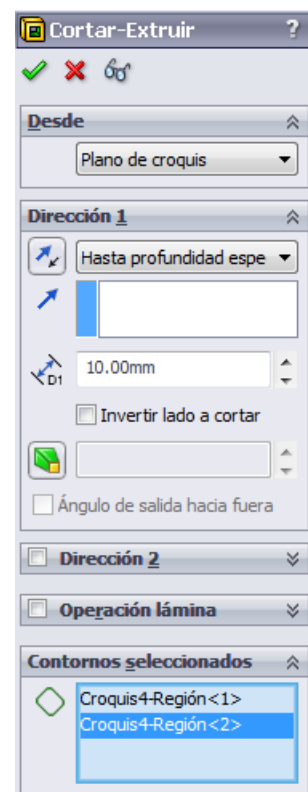
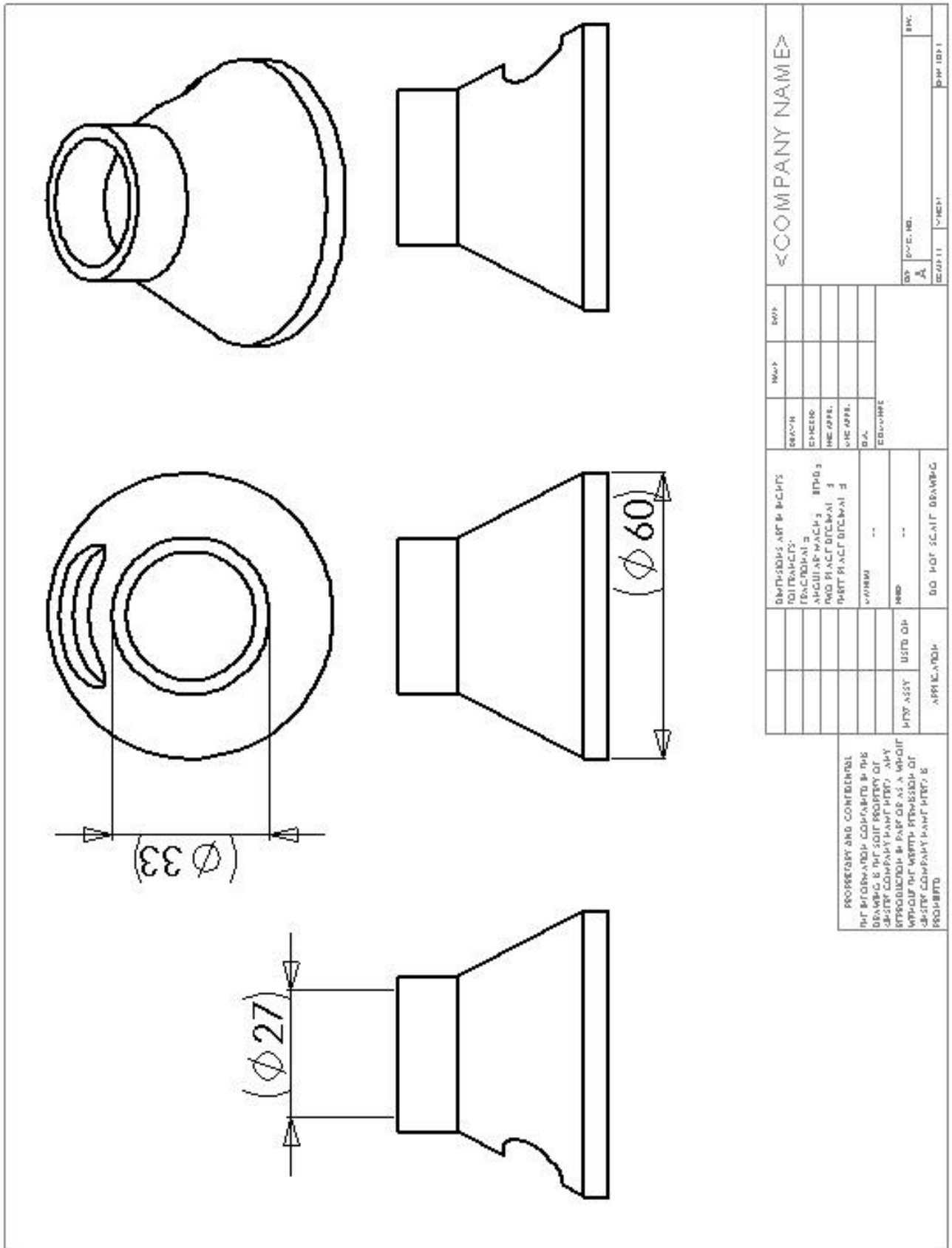


FIGURA 24, Trazado corte, Solid Works.





16. INGENIERÍA ASISTIDA POR COMPUTADORA: MOLD FLOW

El programa Autodesk Moldflow es un paquete de simulación para la inyección de plásticos, es parte de las soluciones existentes para prototipos digitales, ayuda a las herramientas analíticas CAE y al área de ingeniería a optimizar el diseño de partes plásticas y los moldes de inyección.

Los modelos de piezas plásticas son creadas en la primera etapa de optimización del producto y la mayor preocupación es la calidad de manufactura de los diseños. Una vez que el producto satisface los requerimientos, la optimización se enfoca en el diseño del molde.

Con el fin de extender los análisis a los moldes basados en mallas para las piezas de plástico, se proporciona un método para generar mallas molde incremental cosiendo nuevos cuerpos STL del molde con mallas de piezas existentes o CAD. Con la ayuda de un análisis de flujo de una herramienta como MOLD FLOW, se puede mejorar el patrón de llenado por el cambio de:

- El diseño de pieza
- El diseño Herramientas
- Ubicación de la Puerta
- Perfil de velocidad de inyección
- molde y temperaturas de fusión
- Selección de materiales

A continuación algunos de los procesos analizados por el programa Mold Flow.

Rechupes estimados (sink marks estimate)	Analiza las zonas de la pieza donde pueden producirse rechupes. Al no tener en cuenta en el análisis la segunda presión, sólo podemos saber dónde podrían aparecer pero no es seguro que puedan eliminarse en el proceso de compactación del material. Es muy útil en la fase de diseño de la pieza.
Rechupes sombreados (sink marks shaded)	Nos muestra la pieza como un sólido con el aspecto aproximado que tendrá ésta con los rechupes, no es un apartado muy interesante, ya que el renderizado que hace de la misma es bastante impreciso y lo que muestra no es lo más parecido a los rechupes reales que todos conocemos.
Posición de atrape de gases (air trap locations)	Señala con unas bolitas azules los puntos de la pieza donde se quedarán gases atrapados. Es un punto que debe analizarse concienzudamente pues no todas las localizaciones de estos atrapes se manifiestan realmente en la pieza, pero en los que veamos lógicos sí que es muy conveniente practicar salida de gases en el molde desde el principio.
Posición de las líneas de unión (weld line locations)	Señala con unas líneas rojas las posibles líneas de unión que nos aparecerán en la pieza. Al igual que en el apartado anterior, debe analizarse con detalle, evaluar y ponderar el resultado y actuar en consecuencia.

PROCESO ANALIZADO	EXPLICACION
Seguridad de llenado (confidence of fill)	Nos indica si la pieza se llenará completamente o no en el proceso de inyección. No se tiene en cuenta la segunda presión.
Calidad de la pieza (quality prediction)	Nos indica la mayor o menor calidad superficial de la pieza con los parámetros seleccionados. Sólo nos da tres niveles de calidad: alto, medio y bajo.
Localización del punto de inyección (best gate location)	Nos muestra la zona o zonas donde los puntos de inyección pueden ser colocados para obtener los mejores resultados. Para ello, se basa en el análisis del grosor de la pieza en diferentes zonas y la facilidad que tendrá el flujo para llegar a llenar toda la pieza.
Tiempo de inyección (fill time)	Nos muestra el tiempo de llenado de la pieza con los parámetros previamente seleccionados. Este dato puede ser introducido manualmente o calculado por el programa, es decir, podemos obtener un análisis de llenado de la pieza en, por ejemplo, 2 segundos o que nos muestre el tiempo óptimo de llenado para la pieza en cuestión (auto injection time).
Presión de inyección (injection pressure)	Analiza la presión de inyección desde los puntos de entrada de material hasta el último punto de llenado (presión 0). La presión está medida en megapascales (Mpa) y es la existente en el interior del molde, no la que nosotros debemos introducir en los parámetros de la máquina de inyección. Para ello, deberemos efectuar la conversión que nos indique el fabricante de la máquina de inyección con el husillo instalado en la misma.
Caída de presión (pressure drop)	Lo mismo que el punto anterior pero al revés, nos da la pérdida de presión durante el proceso de inyección. Es interesante para poder evaluar si sobrepasamos el módulo de cizalladura del material durante este proceso.
Temperatura del frente de flujo (front flow temperature)	Analiza la reducción de temperatura del frente de flujo del material a lo largo del llenado de la pieza. Es útil a la hora de analizar la importancia de las líneas de unión y la refrigeración del molde.
Temperatura del frente de flujo (front flow temperature)	Analiza la reducción de temperatura del frente de flujo del material a lo largo del llenado de la pieza. Es útil a la hora de analizar la importancia de las líneas de unión y la refrigeración del molde.
Calidad de refrigeración (cooling quality)	Nos da una idea de las zonas de la pieza que necesitan una mayor refrigeración. Suelen estar ligadas a zonas con paredes más gruesas que la media y a zonas profundas en la pieza que necesitan partes muy sobresalientes en el molde con dificultad para refrigerar.
Variación de temperatura en la superficie (surface temp. variance)	Nos resalta las zonas de la pieza donde la temperatura de la pieza será diferente de la media. Nos da idea de dónde debe incrementarse la refrigeración en el molde, las zonas de la pieza susceptibles de deformación y las que nos pueden hacer incrementar el ciclo de inyección por aumento del tiempo de refrigeración.
Variación del tiempo de solidificación (freeze time variance)	Muestra la desviación del tiempo que tarda el polímero en solidificar en alguna zona de la pieza respecto al tiempo de solidificación del material de la pieza completa. Aunque pueda parecer similar al apartado anterior, no lo es. Aquí nos dice claramente en cuánto incrementaremos el ciclo de inyección por refrigerar más tiempo algunas zonas para no sacar la pieza "blanda".

17. SIMULACIÓN DE INYECCIÓN: MOLD FLOW

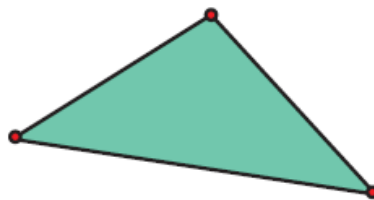
17.1 Preparación del análisis. ANÁLISIS EN MOLD FLOW

Para ejecutar un análisis de Moldflow, el modelo de la pieza debe ser dividida en una malla de elementos finitos. Estos elementos dividen la geometría de la pieza o de otros componentes de la herramienta en un número de espacios o campos pequeños. Estos pequeños campos o elementos se definen mediante nodos en el espacio (coordenadas) y se utilizan para los cálculos dentro de Mold flow. Hay tres categorías principales de elementos:

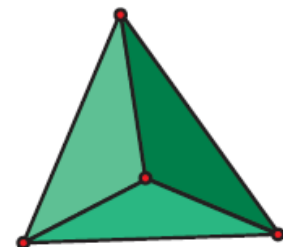
- Manga: Elemento de dos nodos, es utilizado para describir el sistema de alimentación, los canales de refrigeración, etc
- Triángulo: Elemento tres nodos, es utilizado para describir la pieza, insertos de molde, etc
- Tetraedro: Elemento de cuatro nodos, es utilizado para describir las partes, los núcleos, los sistemas de alimentación, etc



2-noded
beam element



3-noded
triangular element



4-noded
tetrahedral element

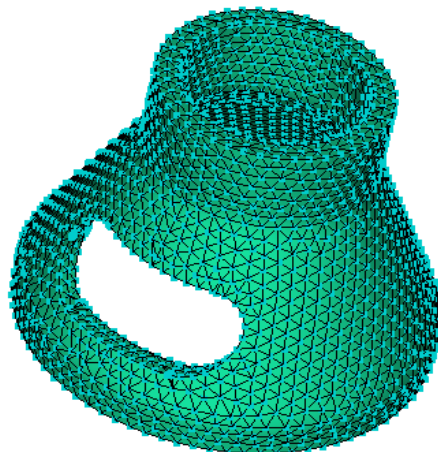
FIGURA 25, Elementos Finitos.

Además de tener una malla sin errores, sino que también debe representar la pieza correctamente. La densidad de la malla es una consideración importante además de representar adecuadamente la geometría de la pieza.

MESH STATISTICS

Entity counts -----	
Surface triangles	6522
Nodes	3259
Beams	0
Connectivity regions	1
Mesh volume	16.1331 cm ³
Mesh area	125.286 cm ²
Edge details -----	
Free edges	0
Manifold edges	9783
Non-manifold edges	0
Orientation details -----	
Elements not oriented	0
Intersection details -----	
Element intersections	0
Fully overlapping elements	0
Duplicate beams	0
Surface triangle aspect ratio -----	
Minimum aspect ratio	1.155000
Maximum aspect ratio	21.371000
Average aspect ratio	1.521000
Match percentage -----	
Match percentage	94.2%
Reciprocal percentage	94.4%

FIGURA 25, Malla aplicada en el diseño



En el informe de diagnóstico Mesh, se presentan las siguientes estadísticas:

Número de entidades conectadas: el número total de entidades conectadas en la malla.

Bordes: El número total de los bordes de los elementos de la malla.

Los bordes libres: El número de bordes libres de la malla.

Si hay bordes libres en un dominio dual o malla 3D, debe corregirlos antes de ejecutar un análisis. Una malla de plano medio tiene bordes libres en los bordes exteriores de la modelo.

Los bordes del colector: El número de múltiples aristas en la malla.

Elementos correctamente conectados tienen múltiples aristas.

En un dominio dual o malla 3D, sólo múltiples aristas son correctas.

No múltiples aristas: el número de bordes no múltiples de la malla.

17.2 Free edges

Si hay bordes libres encimados en cualquier malla, debe corregirlos antes de ejecutar un análisis.

FIGURA 26, Bordes Libres, Mold Flow.

FIGURA 26, Bordes Encimados, Mold Flow.

Se realizaron los cambios necesarios en los elementos finitos del diseño final, logrando que los resultados del análisis de mesh cambiaran, y las entidades se redujeran en 22 unidades, los nodos también se redujeron.

Entity counts-----	
Surface triangles	6522
Nodes	3259
Beams	0
Connectivity regions	1
Mesh volume	16.1331 cm ³
Mesh area	125.286 cm ²
Edge details-----	
Free edges	0
Manifold edges	9783
Non-manifold edges	0
Orientation details-----	
Elements not oriented	0

El hacer todos los cambios necesarios en los elementos finitos es de suma importancia para que el análisis del flujo se lleve a cabo de manera correcta.

Entity counts-----	
Surface triangles	6500
Nodes	3248
Beams	0
Connectivity regions	1
Mesh volume	16.1331 cm ³
Mesh area	125.286 cm ²
Edge details-----	
Free edges	0
Manifold edges	9750
Non-manifold edges	0
Orientation details-----	
Elements not oriented	0

17.3 Aspect ratio

Las relaciones del aspecto de malla de elementos son importantes, ya que pueden afectar a la precisión de los resultados.

Al corregir los errores el aspect ratio disminuye, es recomendable obtener un Aspect ratio igual o menor a 10.00. En el caso de esta pieza se modifico el aspect ratio de 21.371 a 6.637.

```
Surface triangle aspect ratio-----
Minimum aspect ratio           1.155000
Maximum aspect ratio           21.371000
Average aspect ratio           1.521000
```

```
Match percentage-----
Match percentage                94.2%
Reciprocal percentage           94.4%
```

```
Surface triangle aspect ratio-----
Minimum aspect ratio           1.155000
Maximum aspect ratio           6.637000
Average aspect ratio           1.491000
```

```
Match percentage-----
Match percentage                94.3%
Reciprocal percentage           94.4%
```

17.4 Mejor ubicación del punto de inyección

La ubicación de la puerta puede ser limitada por el diseño de piezas, herramientas o ambos:

Diseño de pieza:

- No se puede puerta en algunas zonas debido a la apariencia
- No hay líneas de soldadura en áreas críticas
- Diseño de la herramienta:
- Tipo de herramienta limita lugares de compuerta
- Localización de la línea de partición
- Tipo de Puerta necesario (auto ajuste puertas)
- Elevadores / diapositivas u otros componentes de herramienta

Debemos determinar la mejor zona para el punto de inyección, el programa realiza un análisis para determinar la zona donde el punto de inyección es más favorable.

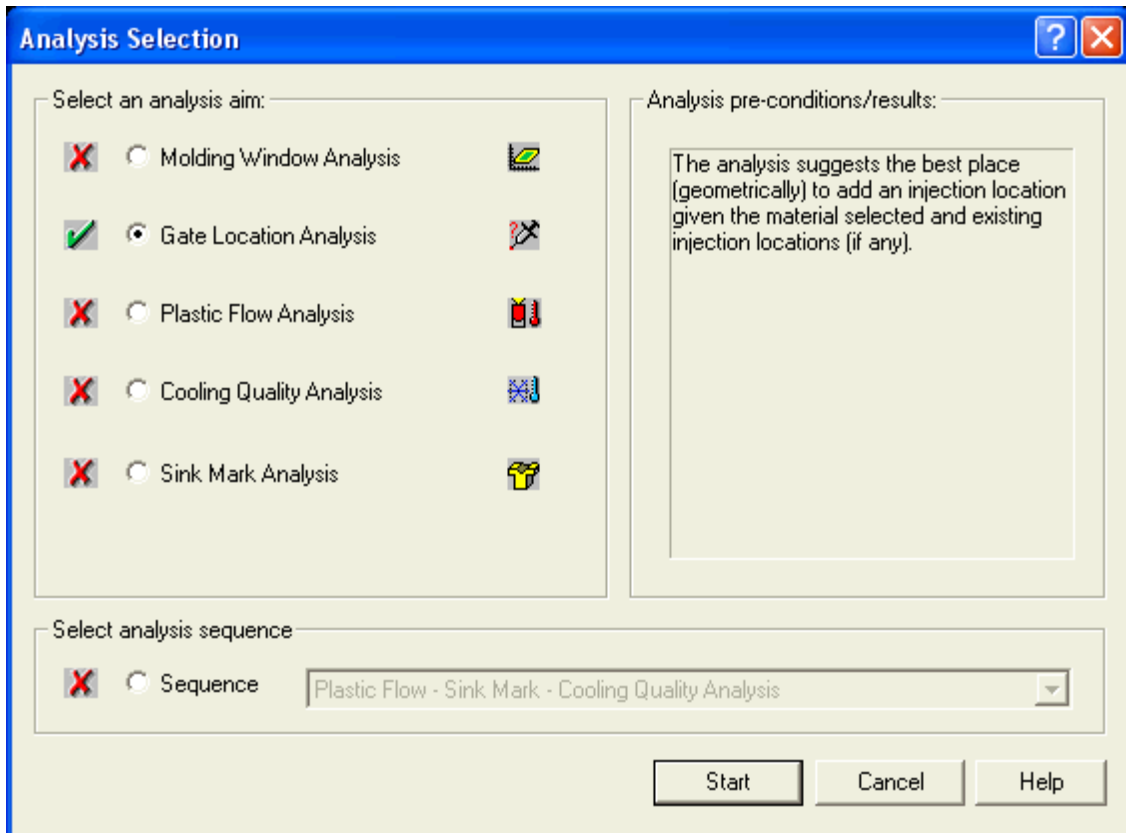


FIGURA 28, Selección de Análisis, Mold Flow.

Best Gate location

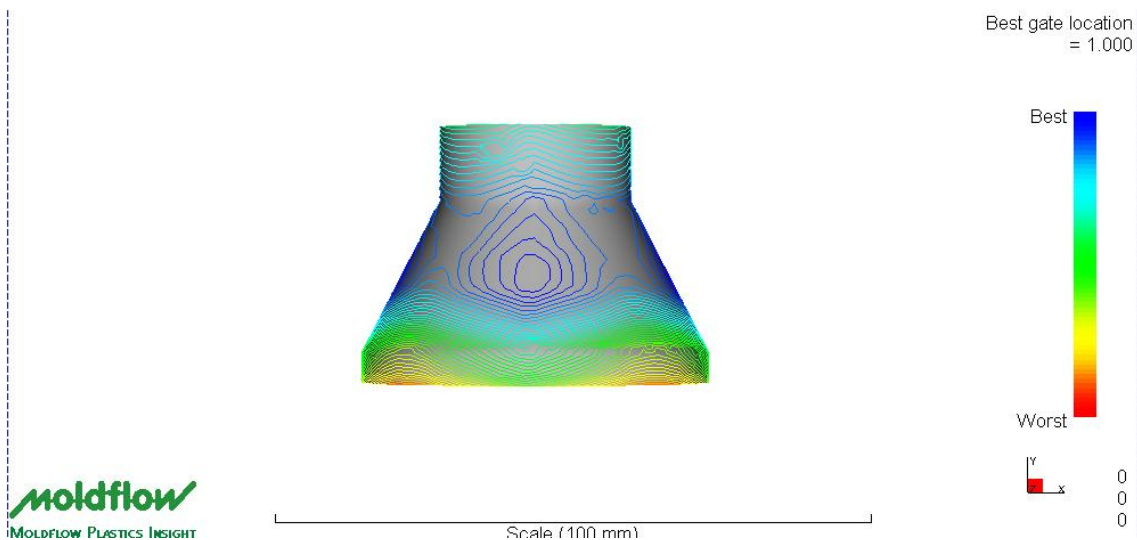
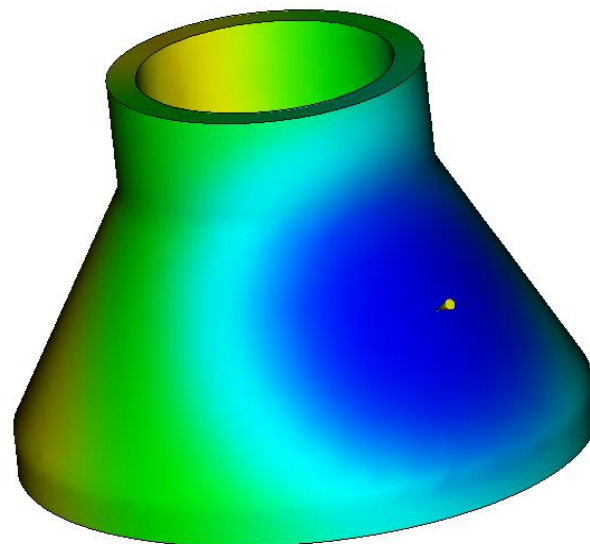
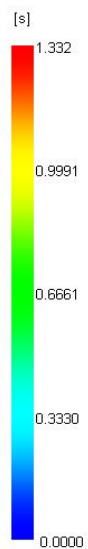


FIGURA 29, Mejor localización de puerta de inyección, Mold Flow.

17.5 Tiempo de llenado

El plástico fundido es muy comprimible a las presiones utilizadas en el moldeo por inyección. A medida que el pistón se mueve hacia adelante, el material en el cilindro es comprimido de manera que la velocidad de flujo en la cavidad es menor que la indicada por el movimiento del ariete. A medida que el pistón se detiene, el plástico se expande bajo presión. El proceso de moldeo con frecuencia se divide en dos fases. Los moldes de inyección comúnmente se hablan acerca de las etapas de llenado y cierre, ya que corresponde a la configuración de la máquina.

Fill time
= 1.332[s]



AUTODESK®
SIMULATION MOLDFLOW®
INSIGHT

Scale (100 mm)

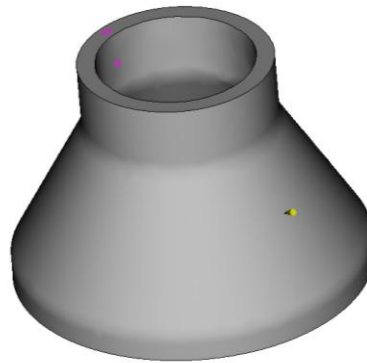
FIGURA 30, Tiempo de llenado, Mold Flow.

17.6 Aire atrapado

El aire atrapado es el aire atrapado dentro de la cavidad del molde. Esto ocurre mediante la convergencia de frentes de masa fundida de polímero o porque no pudo escapar a través de los orificios de ventilación del molde, o insertos de molde, que también actúan como orificios de ventilación. Los Lugares con aire atrapado son por lo general en áreas que se llenan al final. La falta de ventilación o respiraderos de tamaño insuficiente en estos últimos sectores a llenar son una causa común de las bolsas de aire y los defectos resultantes. Otra causa común se racetracking (la tendencia de la masa fundida de polímero fluya preferentemente en las secciones más gruesas), causado por una relación de espesor grande de nuestra pieza.

El aire atrapado dará lugar a huecos y burbujas dentro de la pieza moldeada, un tiro corto (llenado incompleto), o defectos superficiales tales como manchas o marcas de quemaduras.

FIGURA 31, Aire atrapado,
Mold Flow.



La reducción de este error puede ser la correcta ubicación de los orificios de ventilación. La ventilación debe colocarse en las áreas que llenan al final. La ventilación está posicionada ten las discontinuidades de material del molde, tales como en superficies de separación, entre el inserto y la pared del molde, en los expulsores, y los sliders. El tamaño de ventilación recomendada es de 0,025 mm (0,001 in) para los polímeros cristalinos, y 0,038 mm (0,0015 in) para los polímeros amorfos.

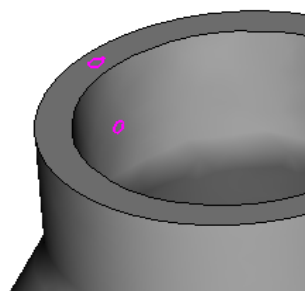


FIGURA 32, Aire atrapado, Mold Flow.

17.7 Clamp force

La presión necesaria para un cálculo exacto de la fuerza de sujeción es la distribución de la presión en su valor más alto durante el llenado o etapas de embalaje. Los requisitos de la fuerza de sujeción de una parte se calculan automáticamente en un análisis de flujo de Moldflow. Un cálculo aproximado de la fuerza de sujeción sería tomar el valor predicho de la fuerza de sujeción de una cavidad y que se multiplican por el número de cavidades deseadas y compararlo con el límite de la fuerza de sujeción de la máquina. El mejor método para la determinación de la fuerza de sujeción es el uso de un análisis de flujo con todas las cavidades y el sistema de corredor. Se debe tener cuidado al analizar la fuerza de sujeción. El valor máximo de la fuerza de sujeción puede cambiar radicalmente cuando la función de conmutación de velocidad / presión se hace y el perfil de inyección y cierre que se utiliza.

En este caso aproximadamente se requiere una fuerza de cierre de 2.5 toneladas.

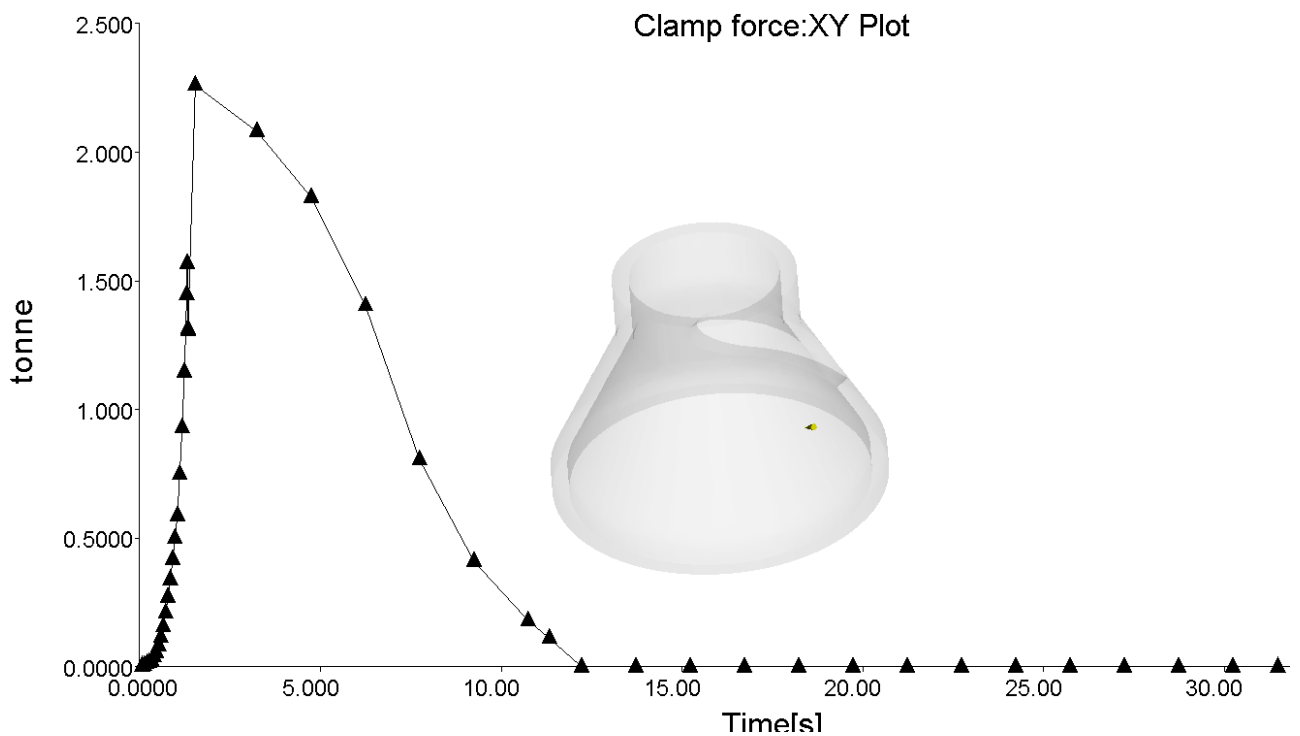


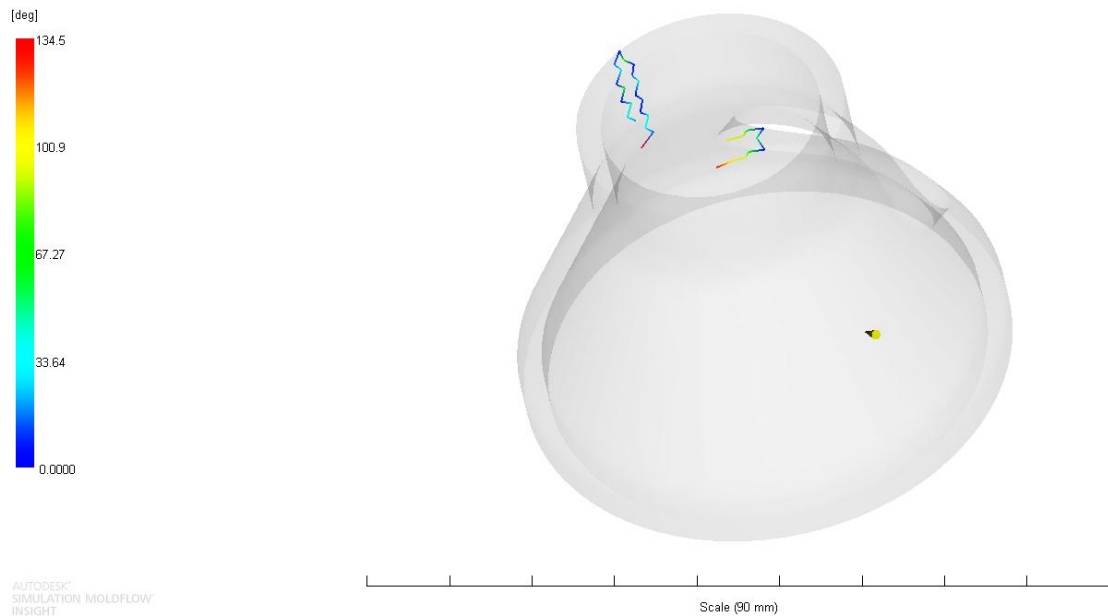
FIGURA 32, Clamp Force, Mold Flow

17.8 Líneas de soldadura

Una línea de fundirse se forma cuando los frentes de flujo se reúnen al encontrarse en una misma dirección. Las Líneas de soldadura son generalmente débiles y más visibles que se funden las líneas, Cada puerta que se añade a la parte, se añade una línea de soldadura adicional o fusion, por lo que se recomienda la eliminación de puertas adicionales. Cuando el número de líneas de soldadura o fundición no se pueden reducir, deben ser colocadas en las zonas menos sensibles o menos críticas en cuanto a su resistencia y aspecto. Dependiendo de la aplicación, una soldadura podría ser un problema en términos de la fuerza o la apariencia. Se mejora la resistencia de la soldadura o fusionar líneas generalmente cuando se forma a temperaturas más altas y cuando las presiones para empaquetar a cabo es mayor. La ventilación también es importante. Las líneas de soldadura deben ser ventiladas para maximizar su resistencia y minimizar su la apariencia.

Weld lines
= 134.5[deg]

FIGURA 33, Líneas de soldadura, Mold Flow.



Flow Analysis

Flow Analysis

Summary of analysis inputs :

Solver parameters :

No. of laminae across thickness = 12
Intermediate output options for filling phase
No. of results at constant intervals = 20
No. of profiled results at constant intervals = 0
Intermediate output options for packing phase
No. of results at constant intervals = 20
No. of profiled results at constant intervals = 0
Flow rate convergence tolerance = 0.5000 %
Melt temperature convergence tolerance = 0.0200 C
Number of threads for parallelization = Automatic
Initial number of threads used in the analysis = 4
Mold-melt heat transfer coefficient
Filling = 5000.0000 W/m²-C
Packing = 2500.0000 W/m²-C
Detached, cavity side = 1250.0000 W/m²-C
Detached, core side = 1250.0000 W/m²-C
Maximum no. of flow rate iterations = 125
Maximum no. of melt temperature iterations = 200
Nodal growth mechanism = Multiple
Pressure trace sample frequency = 10 Hz
Total number of pressure trace nodes = 1
Node 1 = 1042

Material data :

Polymer : Terluran GP-22 : BASF

pvT Model: 2-domain modified Tait

coefficients: b5 = 383.1500 K

b6 = 1.3800E-07 K/Pa

Liquid phase Solid phase

b1m = 0.0010 b1s = 0.0010 m³/kg

b2m = 6.1300E-07 b2s = 3.4110E-07 m³/kg-K

b3m = 1.8788E+08 b3s = 2.1944E+08 Pa

b4m = 0.0046 b4s = 0.0052 1/K

b7 = 0.0000 m³/kg

b8 = 0.0000 1/K

b9 = 0.0000 1/Pa

Specific heat: Tabulated data:

Temperature Specific Heat

T (K)	Cp (J/kg-K)
293.5500	1330.4000
367.1500	1651.9000
377.6800	1800.8000
382.2200	1975.8000
389.4200	2001.7000
455.1500	2213.0000
523.1500	2447.0000

Thermal conductivity = 0.1600 W/m-C

Viscosity model: Cross-WLF
 coefficients: n = 0.3480
 TAUS = 2.4840E+04 Pa
 D1 = 1.9950E+17 Pa-s
 D2 = 343.1500 K
 D3 = 0.0000 K/Pa
 A1 = 40.4550
 A2T = 51.6000 K

Transition temperature = 103.0000 C

Mechanical properties data: E1 = 2300.0000 MPa
 E2 = 2300.0000 MPa
 v12 = 0.4000
 v23 = 0.4000
 G12 = 820.0000 MPa

Transversely isotropic coefficient of thermal expansion (CTE) data: Alpha1 = 9.5000E-05 1/C
 Alpha2 = 9.5000E-05 1/C

Residual stress model without CRIMS

Process settings :

Machine parameters :

Maximum machine clamp force = 7.0002E+03 tonne
Maximum injection pressure = 1.8000E+02 MPa
Maximum machine injection rate = 5.0000E+03 cm^3/s
Machine hydraulic response time = 1.0000E-02 s

Process parameters :

Fill time = 1.3000 s
 Injection time has been determined by automatic calculation.
 Stroke volume determination = Automatic
 Cooling time = 20.0000 s

Velocity/pressure switch-over by = Automatic
Packing/holding time = 10.0000 s
Ram speed profile (rel):
% shot volume % ram speed

0.0000 100.0000
100.0000 100.0000
Pack/hold pressure profile (rel):
duration % filling pressure

0.0000 s 80.0000
10.0000 s 80.0000
20.0000 s 0.0000
Ambient temperature = 25.0000 C
Melt temperature = 250.0000 C
Ideal cavity-side mold temperature = 50.0000 C
Ideal core-side mold temperature = 50.0000 C

NOTE: Mold wall temperature data from Cool analysis not available

Model details :

Mesh Type = Dual Domain
Mesh match percentage = 94.3 %
Reciprocal mesh match percentage = 94.5 %
Total number of nodes = 3248
Total number of injection location nodes = 3
The injection location node labels are:
1042
2067
31
Total number of elements = 6500
Number of part elements = 6500
Number of sprue/runner/gate elements = 0
Number of channel elements = 0
Number of connector elements = 0
Parting plane normal (dx) = 0.0000
(dy) = 0.0000
(dz) = 1.0000
Average aspect ratio of triangle elements = 1.4907
Maximum aspect ratio of triangle elements = 6.6369
Element number with maximum aspect ratio = 68
Minimum aspect ratio of triangle elements = 1.1553
Element number with minimum aspect ratio = 3628
Total volume = 16.1331 cm³
Volume filled initially = 0.0000 cm³
Volume to be filled = 16.1331 cm³
Part volume to be filled = 16.1331 cm³
Sprue/runner/gate volume to be filled = 0.0000 cm³
Total projected area = 32.8525 cm²

Fill Analysis

Pack Analysis

Residual Stress Analysis
analysis is beginning

Filling phase: Status: V = Velocity control
P = Pressure control
V/P= Velocity/pressure switch-over

Filling phase results summary :

Maximum injection pressure (at 1.4136 s) = 8.6916 MPa

Total part weight (excluding runners) = 15.4731 g

Bulk temperature - maximum = 250.6272 C

Bulk temperature - 95th percentile = 249.7791 C

Bulk temperature - 5th percentile = 245.6308 C

Bulk temperature - minimum = 242.1020 C

Bulk temperature - average = 247.5258 C

Bulk temperature - root-mean-square deviation = 1.2987 C

Wall shear stress - maximum = 0.3006 MPa

Wall shear stress - 95th percentile = 0.1683 MPa

Wall shear stress - average = 0.0941 MPa

Wall shear stress - root-mean-square deviation = 0.0432 MPa

Frozen layer fraction - maximum = 0.0974

Frozen layer fraction - 95th percentile = 0.0783

Frozen layer fraction - 5th percentile = 0.0167

Frozen layer fraction - minimum = 0.0000

Frozen layer fraction - average = 0.0565

Frozen layer fraction - root-mean-square deviation = 0.0212

Shear rate - root-mean-square deviation = 61.6483 1/s

Packing phase results summary :

Peak pressure

- minimum among cavity nodes (at 2.336 s) = 6.0737 MPa

Clamp force - maximum (at 1.631 s) = 2.1990 tonne

Total weight - maximum (at 11.426 s) = 16.2347 g

Total part weight - maximum (at 11.426 s) = 16.2347 g

End of packing phase results summary for the part :

Total part weight (excluding runners) = 16.2344 g

Bulk temperature - maximum	=	65.9050 C
Bulk temperature - 95th percentile	=	64.6946 C
Bulk temperature - 5th percentile	=	54.4856 C
Bulk temperature - minimum	=	50.7893 C
Bulk temperature - average	=	59.2833 C
Bulk temperature - root-mean-square deviation	=	3.3122 C

Frozen layer fraction - maximum	=	1.0000
Frozen layer fraction - 95th percentile	=	1.0000
Frozen layer fraction - 5th percentile	=	1.0000
Frozen layer fraction - minimum	=	1.0000
Frozen layer fraction - average	=	1.0000
Frozen layer fraction - root-mean-square deviation	=	0.0000

Volumetric shrinkage - maximum	=	5.7642 %
Volumetric shrinkage - 95th percentile	=	5.3195 %
Volumetric shrinkage - 5th percentile	=	3.1779 %
Volumetric shrinkage - minimum	=	2.1083 %
Volumetric shrinkage - average	=	4.0752 %
Volumetric shrinkage - root-mean-square deviation	=	0.6936 %

Sink index - maximum	=	3.0954 %
Sink index - 95th percentile	=	2.6645 %
Sink index - minimum	=	1.4826 %
Sink index - root-mean-square deviation	=	0.6445 %

Fill Analysis

Execution time

Analysis commenced at	Mon Oct 14 17:55:20 2013
Analysis completed at	Mon Oct 14 17:56:07 2013
CPU time used	152.04 s
Elapsed wall clock time	47.00 s

18.MOLDE

Fuerza de cierre (clamping force)

Se debe verificar la fuerza de cierre de la máquina de inyección, se debe considerar la superficie proyectada de la pieza. Es recomendable que la fuerza de cierre máxima sea un 20% superior al resultado.

Entre los problemas esenciales que se analizan hay algunos que están rigurosamente interrelacionados entre la pieza moldeada y el molde:

Propiedades reológicas y térmicas del polímero, simulación del llenado del molde y la ubicación de las coladas y de los puntos de inyección, parámetros de moldeo (velocidades de inyección y presiones, temperaturas, tiempos de enfriamiento de las piezas).

Los tiempos de diseño y costos de fabricación se pueden reducir si se estudian y se utilizan los programas oportunamente.

Características del molde

- Tipo de colada: Fría
- No de cavidades: 2
- Distribución de cavidades: en línea
- Canal de alimentación tipo redondo, $D = 0.5 \text{ mm}$

Aceros contemplados en el molde de inyección (según norma SAE/AISI)

- 1040: Acero de construcción para placas y estructuras portamoldes.
- 1015: Acero para cavidades pequeñas formas sencillas.
- 02 y D3: Aceros templados con gran dureza y mínima distorsión. Empleado para elementos y cavidades sujetos a desgaste.

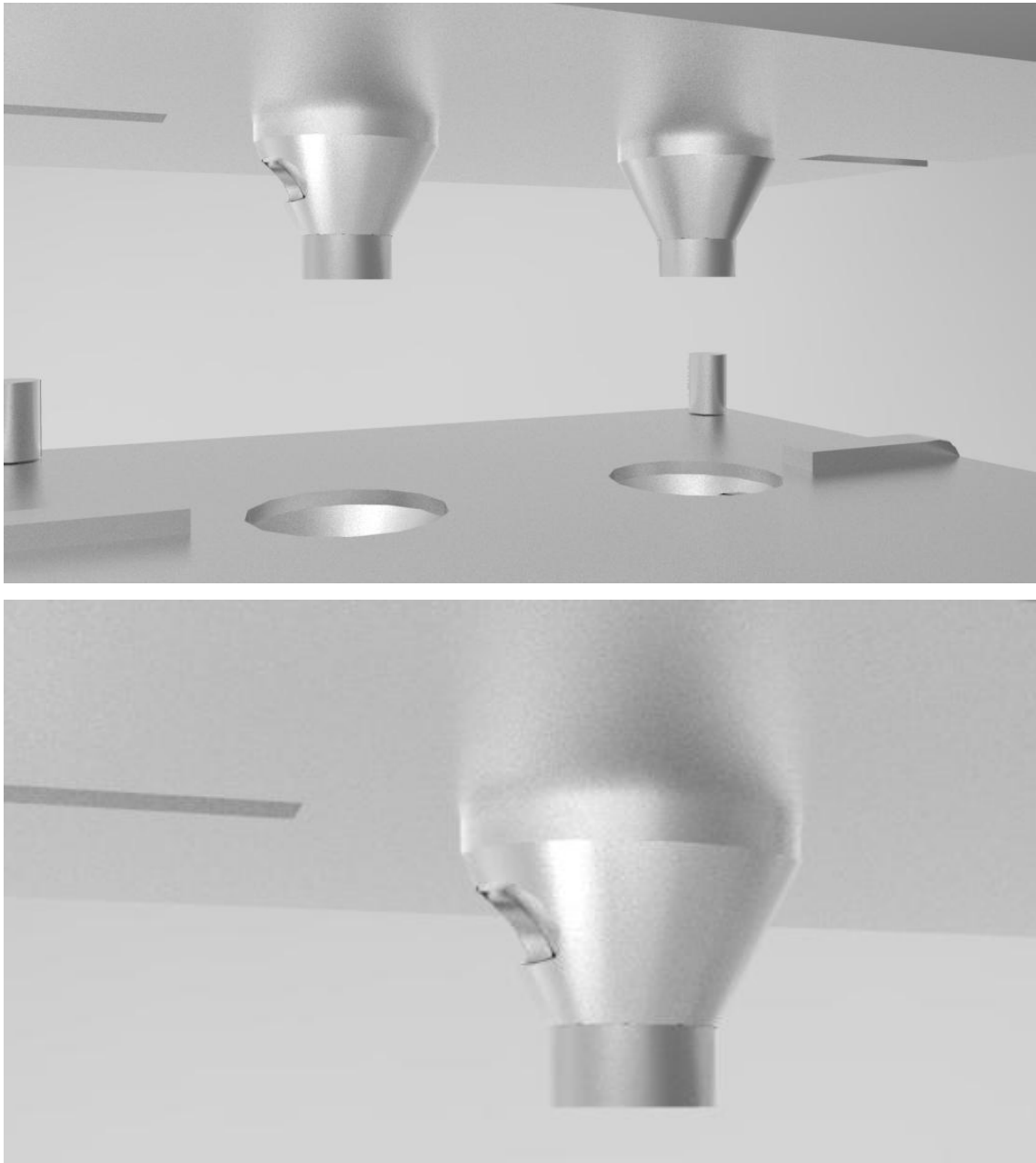


FIGURA 34, Cavidades diseño de molde



FIGURA 35, Explosivo, Molde



FIGURA 36, Molde Translucido.

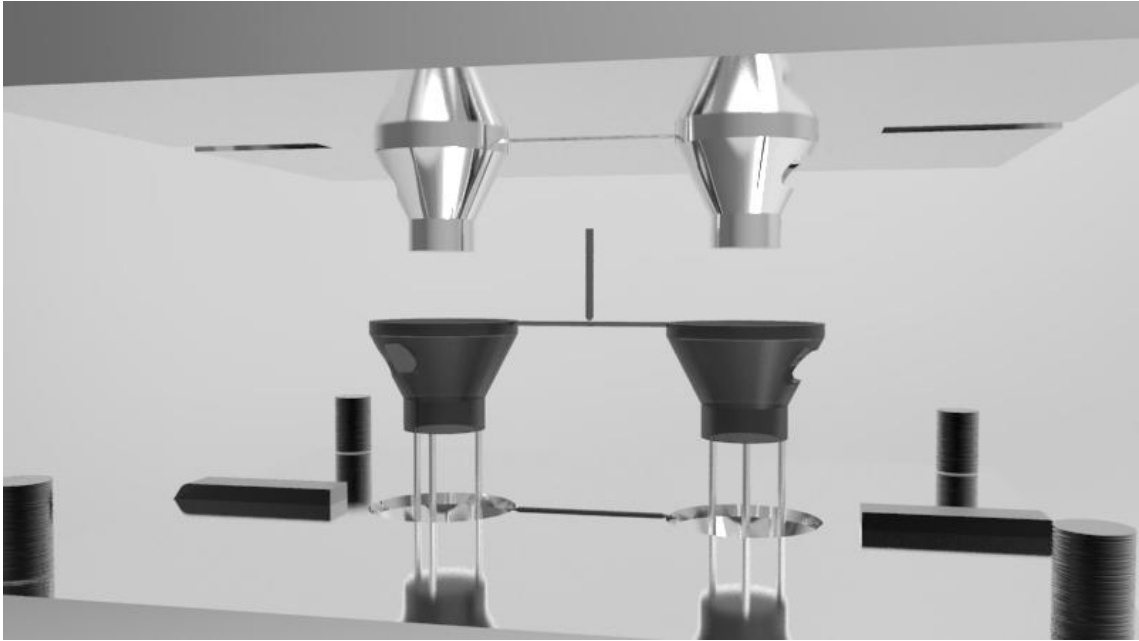


FIGURA 37, Expulsores, Molde.

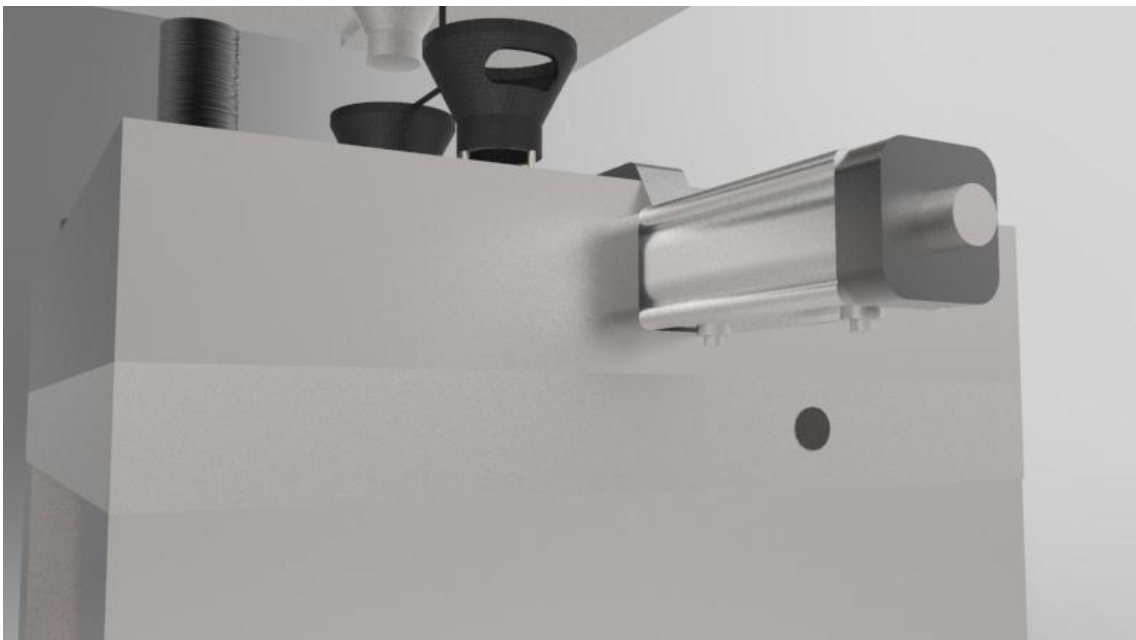


FIGURA 38, Pistón, Molde.



FIGURA 39, Pistones, Molde

Puerta de inyección ideal.



FIGURA 40, Puerta de inyección Ideal Mold Flow.

Puerta de inyección de acuerdo al diseño de molde.

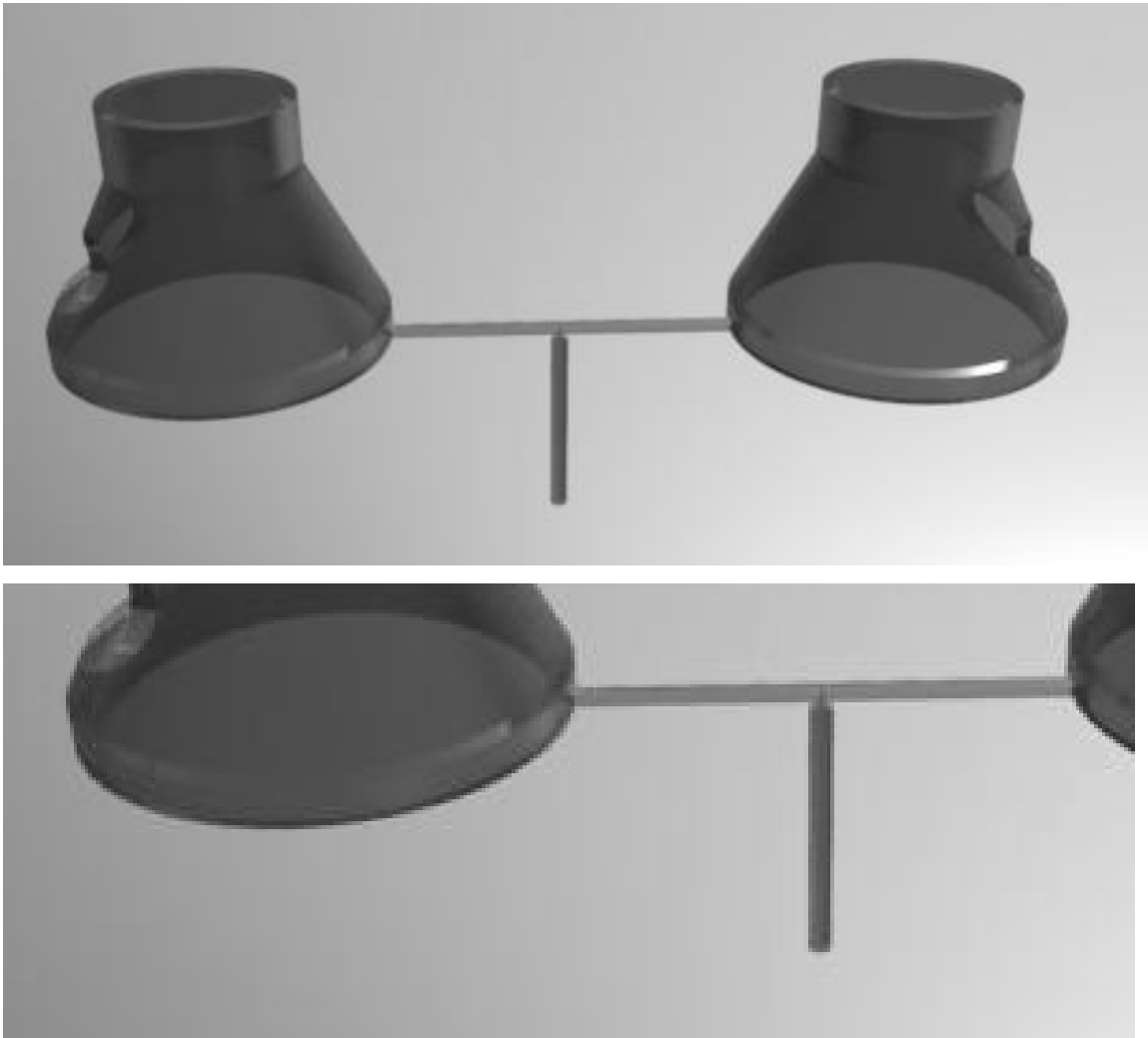


FIGURA 41, Puerta de inyección.

19. DEFECTOS

http://plastics.dupont.com/plastics/pdflit/europe/design/L12565_2.pdf

Defectos	Descripción	Causas
Burbuja	Zona elevada o en capas en la superficie de la pieza de plástico	La herramienta o el material es demasiado caliente, a menudo causada por la falta de refrigeración alrededor de la herramienta o de un calentador defectuoso.
Marcas de quemaduras	Zonas quemadas negro o marrón en la parte más alejada de la puerta.	La herramienta carece de ventilación, la velocidad de inyección es demasiado alta
Vetas de color	Cambio de color	El material plástico y el colorante no se mezclan correctamente, o que el material se ha agotado.
Delaminación	La mica es delgada igual que las capas formadas en parte de las paredes.	La contaminación del material, por ejemplo, PP mezcla con ABS, muy peligroso si la pieza está siendo utilizada para una aplicación crítica para la seguridad ya que el material tiene muy poca resistencia al deslaminado ya que los materiales no pueden unirse.
Flash	El exceso de material contenido en fina capa excede la geometría de la pieza.	El daño de la herramienta, el exceso de velocidad / material de inyección, la fuerza de cierre es demasiado baja. También puede ser causado por la suciedad y los contaminantes alrededor de las superficies de las herramientas.
Contaminantes incrustados	Partícula extraña (material quemada u otro) incrustada en la pieza.	Las partículas de la superficie de la herramienta, material contaminado o materiales extraños en el cañón, o demasiada quema el material antes de la inyección.
Marcas de flujo.	"Tono apagado" Direccionalmente, líneas onduladas o patrones.	La velocidad de inyección es demasiado lento (el plástico se enfría demasiado durante la inyección, las velocidades de inyección se deben establecer tan rápido como sea posible)
Degradación del polímero	Descomposición de polímero, oxidación.	El exceso de agua en los gránulos, las temperaturas excesivas en el

		cañon.
Marcas	Depresión localizada(En las zonas más gruesas)	Tiempo de cierre y presión muy bajo, poco tiempo de enfriado, con hot runners esto también puede ser causado por la alta temperatura de la puerta.
Disparo Corto	Partes con llenado parcial.	La falta de material, la velocidad de inyección o presión demasiado baja.
Marcas splay	Patrón circular alrededor de la puerta causada por gas caliente	La humedad en el material, por lo general cuando las resinas se secan incorrectamente
Fibrosidad	Cadena como permanece de la transferencia toma previa en nueva toma	La temperatura de boquilla es demasiado alta.
vacíos	El espacio vacío dentro de una parte (Bolsa de aire)	La falta de presión de mantenimiento (presión de sujeción se utiliza para empaquetar la pieza durante el tiempo de retención). Asimismo, el molde puede estar fuera de registro (cuando las dos mitades no se centran adecuadamente y las paredes de pieza no son del mismo grosor).
soldadura línea de	Línea de descolorida donde dos frentes de flujo se encuentran.	Temperaturas del molde y el material se fijan demasiado bajas (el material se enfría cuando se encuentran, por lo que no se unen)
Pandeo	Parte distorsionada	El enfriamiento es demasiado corto, el material es demasiado caliente, la falta de refrigeración alrededor de la herramienta, la temperatura del agua incorrectas (las partes inclinan hacia dentro, hacia el lado caliente de la herramienta).

20. Conclusión

El diseñador industrial que tiene como objetivo diseñar una pieza plástica se enfrenta a una larga lista de requerimientos y detalles para que pueda cumplir con las características estéticas y funcionales, sin embargo el diseñador en conjunto con el área de ingeniería también es responsable de crear objetos que tengan posibilidades de ser fabricados.

Cada parte de la pieza es clave para su correcta utilización. Se debe de tomar en cuenta el material a utilizar, existen muchos materiales poliméricos con diferentes características que pueden utilizarse en la aplicación de nuevos productos, además de estos materiales se pueden generar nuevos fusionando algunos, desde cambiar el color, lograr una resistencia mayor, hasta materiales que resisten al fuego o calor por cierto tiempo. Es importante saber reconocer el proceso de diseño desde que se está pensando en un producto nuevo. Existe una variedad de procesos para el procesamiento de los materiales plásticos, y a través de estos procesos se pueden fabricar objetos que pueden parecer imposibles, o difíciles de realizar, debemos reconocer también que no todos los procesos están disponibles o están al alcance del costo de manufactura de un producto. En esta tesina se presenta el proceso de diseño y los factores clave para lograr un producto que tenga posibilidades de manufactura.

Entre otros requerimientos debemos tomar en cuenta el tipo de uso, la estética, la línea de productos, y el presupuesto. Terminada la etapa de diseño de producto, el objeto ya tendrá dimensiones, material y proceso elegido, a continuación se requiere realizar el diseño de molde. Un molde es una pieza compleja y detallada, la cual debe ser ejecutada sin errores, el costo de un error puede modificar cualquier presupuesto de producto. Finalmente las valiosas herramientas de CAD/CAM, no solo sirven para realizar un modelado tridimensional que puede lograr la representación de un diseño, sino es un paso clave para la realización de pruebas de fuerza, tiempo de llenado, flujo del plástico entre otras funciones. El diseño de un producto para fabricación plástica representa sin duda todo un desafío desde la generación de la idea hasta el diseño del molde de fabricación, cada detalle debe ser cuidado para lograr desarrollar un producto exitoso para su función

21. Bibliografía

- Moldflow Design Guide, A Resource for Plastics Engineers, Escrito por Jay Shoemaker, 2006.
- Guía de buenas prácticas para diseñadores de productos fabricados con materiales plásticos, Escrito por AIMPLAS. Departamento de Diseño e Inyección.
- MATERIAL SELECTION GUIDE
www.curbellplastics.com
- Integración CAD/CAE/CAM-PR en la optimización del diseño de productos plásticos: caso de estudio, Escrito por M. V. Candal.
- Engineering Materials and Processes Desk Reference, Escrito por Michael F. Ashby, Robert W. Messler, Rajiv Asthana, Edward P. Furlani, R. E. Smallman, A.H.W. Ngan, R .J. Crawford, Nigel Mills
- Design Guides for Plastics, Clive Maier 2004
- Fundamentos de Manufactura Moderna, Escrito por Mikell P. Groover, 1997.
- Plastics: Product Design and Process Engineering, Escrito por Harold Belofsky, 1995.
- El ABC de los plásticos, Escrito por María Laura Cornish Alvarez, 1997.
- Injection Molding: An Introduction, Escrito por Gerd Pötsch, Walter Michaeli, 2008.
- How to Make Injection Molds, Escrito por Menhes/Mohren, 2001

- Computer-Aided Injection Mold Design and Manufacture, por Escrito J. Y. H. Fuh, Y. F. Zhang, A. Y. C. Nee, M. W. Fu
- tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/
- <http://www.ptq.pemex.mx>
- <http://www.quickparts.com/LearningCenter/BasicsofInjectionMoldingDesign.aspx#injprocess>
- <http://www.plastics1.com/Articles/articles.php?Department=cim&article=62>
- http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/unidad_2/ciclo.html
- <http://plastics.dupont.com>

FIGURAS

FIGURA 1 1 Rotomoldeo.....	10
FIGURA 2 Extrusión.....	10
FIGURA 3 Soplado.....	11
FIGURA 4 Calandrado.....	11
FIGURA 5 Inyección.....	12
FIGURA 6 Herramienta rotatoria.....	14
FIGURA 7 Guía de corte.....	14
FIGURA 8 Diseño inicial.....	16
FIGURA 9 Línea de partición.....	19
FIGURA 10 Ángulo de salida.....	19
FIGURA 11 Diseño de esquinas.....	20
FIGURA 12 Errores en grosor de pared.....	20
FIGURA 13 Costillas.....	22
FIGURA 14 Plásticos Amorfos.....	27
FIGURA 15 Plásticos cristalinos.	27
FIGURA 16, Máquina de inyección.....	37
FIGURA 17, Cronograma del proceso de inyección.....	38
FIGURA 18, Molde de inyección.....	41
FIGURA 19, Tipos de cierre de molde.....	42
FIGURA 20, Herramientas croquis, Solid Works.	42
FIGURA 21, Croquis diseño, Solid Works.	42
FIGURA 22, Herramienta Revolución, Solid Works.....	42
FIGURA 23, Revolución, Solid Works.....	42
FIGURA 24, Herramienta extrusión, Solid Works.....	42
FIGURA 24, Trazado corte, Solid Works.....	42
FIGURA 25, Elementos Finitos.....	46
FIGURA 25, Malla aplicada en el diseño.....	47
FIGURA 26, Bordos Libres, Mold Flow.....	48
FIGURA 27, Bordos Encimados, Mold Flow.....	49
FIGURA 28, Selección de Análisis, Mold Flow.....	51
FIGURA 29, , Mejor localización de puerta de inyección, Mold Flow	51
FIGURA 30, Tiempo de llenado, Mold Flow.....	52

FIGURA 31, Aire atrapado, Mold Flow.....	53
FIGURA 32, Clamp Force, Mold Flow.....	54
FIGURA 33, Líneas de soldadura, Mold Flow.....	55
FIGURA 34, Cavidades diseño de molde.....	61
FIGURA 35, Explosivo, Molde.....	62
FIGURA 36, Molde Translucido.....	63
FIGURA 37, Expulsores, Molde.....	64
FIGURA 38, Pistón, Molde.....	64
FIGURA 39, Pistones, Molde.....	65
FIGURA 40, Puerta de inyección Ideal.....	65
FIGURA 41, Puerta de inyección.....	66