



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla
Centro Interdisciplinario de Posgrados
e Investigación
Escuela de Ingeniería
Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de
Calidad

**Re diseño de piezas y mecanismos del prototipo DIAGEN para
su fabricación mediante moldes de inyección.**

Tesis que para obtener el Grado de Maestro
en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de Calidad

Presenta

Ing. José Francisco Diego Chávez

Director

M. en I. Alex Toledo Vázquez

Puebla, México.

JUNIO 2016



UPAEP – Secretaría General

Dirección General de Apoyos Académicos

Dirección del Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación.

Biblioteca Central - **Karol Wojtyla**

Tesis Digitales Restricciones de uso:

DERECHOS RESERVADOS ©

PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de textos, imágenes, gráficas, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente de donde la obtuvo mencionando el autor o autores involucrados en el documento.

Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.



Universidad Popular Autónoma del Estado de Puebla

Centro Interdisciplinario de Posgrados

e Investigación

Escuela de Ingeniería

Maestría en Sistemas Integrados de Manufactura y Estrategias de
Calidad

Se aprueba la Tesis:

Re diseño de piezas y mecanismos del prototipo DIAGEN para su fabricación
mediante moldes de inyección.

Comité de Revisión.

M. Alex Toledo Vázquez

Director

M. en I. Juan José Hurtado Moreno

Co-Director

Dra. Martha Jiménez García

Asesor

Puebla, México.

Junio, 2016

IPSE

INNOVACIÓN Y PENSAMIENTO SISTEMÁTICO ESTRATÉGICO, S.A. DE C.V.

R.F.C. IPS1111179W1

H. Puebla de Zaragoza, 26 de abril de 2016

Estimado Dr. Elías Olivares

Por medio de la presente se hace constar que el Alumno **José Francisco Diego Chávez** con número de matrícula **19200233** y ID **3335354**, participó del 15 de enero al 22 de Abril del presente año, en el proyecto de vinculación que lleva por título "SISTEMA CASERO DE IDENTIFICACIÓN PARA EL DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDADES RESPIRATORIAS: DIAGEN ETAPA 3", el cual le sirvió para trabajar en el tema de tesis denominado "REDISEÑO DE PIEZAS Y MECANISMOS DEL PROTOTIPO DIAGEN, PARA SU FABRICACIÓN MEDIANTE MOLDES DE INYECCIÓN". Su participación se desarrolló específicamente en el diseño de piezas que constituyen partes mecánicas de las estaciones que conforman el prototipo, re-diseño de mecanismos con base en la fabricación por moldes, así como la cotización de los moldes de inyección para dichas piezas. Lo anterior, como parte de los entregables comprometidos en el convenio específico que se celebró entre la Universidad y la empresa.

Las propuestas de diseño presentadas cumplen con las especificaciones de la empresa, las cuales contemplan una reducción de costos en la fabricación de las piezas respecto del diseño inicial.

Dentro de los entregables se trabajó en una memoria técnica del trabajo realizado, archivo CAD del Modelo 3D y estimación de costos de los moldes de inyección.

La presente se extiende para los fines y efectos que al solicitante convenga.

Atentamente

Innovación y Pensamiento Sistemático Estratégico S.A. de C.V.



Carlos Guillermo Contreras Pissón

g_pisson@yahoo.com.mx

Director de Gestión, Administración y Finanzas

Tel. 2222 176121

INDICE

RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
Estructura de la Tesis	8
CESAT-IPSE	9
PROBLEMÁTICA	10
OBJETIVO	10
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	10
ALCANCES	10
LIMITACIONES	10
JUSTIFICACIÓN	11
 CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE	 12
1.1 INTRODUCCIÓN AL PLÁSTICO	12
1.2 LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO	14
1.3 BONDADDES DEL PLÁSTICO	14
1.4 TIPOS DE PLÁSTICOS	15
1.5 MÉTODOS DE TRANSFORMACIÓN	16
1.6 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN	19
1.7 MOLDEO POR INYECCIÓN	22
1.8 IMPRESIÓN 3D	24
1.9 PROTOTIPADO RÁPIDO	25
1.10 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN	26
1.10.1 Por la continuidad del proceso	26
1.10.2 Por el tipo de material a procesar	27
1.10.3 Por los cambios de estado de material.	27
1.11 CRITERIOS DE LA SELECCIÓN DE PROCESO	28
 CAPITULO 2. MARCO METODOLÓGICO	 29
2.1 INGENIERÍA DE DISEÑO	29
2.2 MODELOS Y PROTOTIPOS	30
2.3 DISEÑO PARA MANUFACTURA.	31

2.4 EL MOLDEO POR INYECCIÓN	31
2.5 PIEZAS DE TERMOPLÁSTICO INYECTADO	32
2.6 FACTORES POR CONSIDERAR	33
2.7 DISEÑO DE PIEZAS CONSIDERADAS PARA EL MOLDEO POR INYECCIÓN	34
2.8 METODOLOGÍA DE DISEÑO	37
CAPITULO 3. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	39
3.1 DESARROLLO	39
3.2 MATRIZ DE COMPARACIÓN	45
CONCLUSIONES	46
REFERENCIAS	48
ANEXO A	49

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología de diseño DDSM	38
Tabla 2. Matriz comparativa entre procesos de fabricación del soporte de Indexado	46

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Secuencia de movimientos de una máquina de inyección convencional	22
Figura 2. Duración relativa de las diferentes etapas del ciclo de inyección en una máquina convencional	24
Imagen 3. Brazo guía	40
Imagen 4. Soporte termociclado dividido	40
Imagen 5. Tapa leva	41
Imagen 6. Soporte banda	41
Imagen 7. Soporte bandeja de viales	42
Imagen 8. Indexado	43
Imagen 9. Base indexado	43
Imagen 10. Soporte de motor	44

RESUMEN

El presente reporte es la suma de una serie de estudios sobre la conveniencia de utilizar equipo de impresión de 3D y de inyección de plásticos donde se analizaron las características de cada tipo de equipo tanto para realizar diseño de moldes como para la producción en serie. Se analizaron también requerimientos de capacitación y alcance del tipo de piezas que puede ser producido por cada proceso.

Se utilizó una metodología de diseño y desarrollo de sistemas mecatrónicos (DDSM) que trata de marcar un proceso de diseño específico tomando en cuenta aspectos vitales como ciencia, tecnología e ingeniería.

Del resultado obtenido se determinó entre otras cosas que el costo de una pieza en impresión 3D es de \$401.36 contra el de inyección de plástico el cual dependerá de la cantidad de disparos que se realicen para la inyección de dicha pieza. En la conclusión final podemos aseverar que para efectos de diseño, lo que es la impresión de 3D es una buena opción, y que es claro que para producción en serie lo adecuado es inyección de plástico, donde además a mayor volumen de producción reflejará un menor costo por pieza.

Otro punto importante es la determinación del costo de capacitación del personal el cual ahora está claramente definido y que da pauta a una mejor preparación de las cotizaciones a los clientes.

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

En la presente Tesis se realiza el re diseño de todas las piezas que conforman un prototipo para la realización de la PCR, con el fin de realizar una comparativa de fabricación entre impresión 3D contra inyección de plástico. Esto es con miras a definir cuál de estos dos procesos de fabricación de piezas plásticas sería el óptimo para poder llevarlo a una línea de producción.

De tal manera que se ha realizado el diseño de todas las piezas que conforman el prototipo mediante Solid Works, para llevar a cabo una cotización de costos de fabricación de este y así realizar la comparativa mencionada.

Este prototipo está encaminado para ser utilizado en la industria farmacéutica mediante un trabajo a resolver por parte del CESAT-IPSE de UPAEP.

Estructura de la Tesis

En el capítulo 1 se desarrolla la idea general que comprende el proyecto de tesis junto con la información a grandes rasgos de las empresas involucradas, así como el planteamiento del problema, objetivos, alcances, limitaciones y justificación.

En el capítulo 2 se presenta el estado del arte, que nos proporciona la idea general del plástico y los procesos que involucran el transformado de los polímeros.

En el capítulo 3 se lleva a cabo el marco metodológico que nos muestra el proceso de la ingeniería de diseño y nos conceptualiza un vínculo entre el estado del arte y el marco metodológico para el desarrollo del proyecto.

CESAT-IPSE

El Centro de Servicios de Alta Tecnología de la UPAEP (CESAT) es el medio de vinculación y articulación tecnológica de la UPAEP con la industria, a través de proyectos de innovación, consultoría tecnológica y servicios de evaluación de materias primas y materiales para diferentes sectores industriales.

El CESAT busca ser un grupo interdisciplinario de desarrollo tecnológico que contribuya a elevar la calidad, la competitividad y el desarrollo sustentable de la industria.

Este centro de servicios cuenta con los siguientes laboratorios equipados:

- Laboratorio de prototipos electrónicos.
- Instrumentación y Control (LabView).
- Laboratorio de diseño y simulación.
- Laboratorio de preparación de materiales.
- Laboratorios de ensayos de materiales.

Este centro de servicios cuenta con laboratorios de metrología para llevar a cabo pruebas de acuerdo con normas nacionales e internacionales (ISO, ASTM, DIN y NMX, entre otras). Se especializa en análisis específicos de materiales utilizados en la industria de la transformación, como plásticos y metales, de acuerdo con las especificaciones normativas o de diseño de los grandes consorcios de manufactura. [5]

PROBLEMÁTICA

Se desconocen los costos de fabricación y la pertinencia entre un proceso de fabricación por 3D contra la inyección de plásticos, teniendo como base el número de piezas fabricadas por año. Partiendo de un prototipo ya realizado, se requiere desarrollar el rediseño de un segundo prototipo contemplando y diseñando todas las piezas para que estas puedan ser fabricadas mediante el proceso de inyección de plásticos. La comparativa que se requiere realizar también es en busca de cotejar los costos entre un proceso y otro.

OBJETIVO

Rediseñar las piezas que conforman el prototipo para la realización de la PCR para determinar cuál de los procesos de fabricación es el más conveniente respecto de impresión e inyección de plástico para encaminar dicho prototipo a una línea de producción.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Conceptualizar el prototipo para el nuevo proceso de fabricación.
- Diseñar las piezas que conforman el prototipo para inyectarlas en plástico.
- Obtener los datos de costos de fabricación de cada proceso.
- Realizar la comparativa contra cada proceso para determinar la opción más viable.

ALCANCES

- Se obtendrá el diseño del nuevo prototipo que sirva para ser fabricado mediante el proceso de inyección de plástico.

LIMITACIONES

- Se va a realizar el diseño de todos los elementos mecánicos que conforman el prototipo.
- Se realizarán cotizaciones que nos determinen los costos finales de cada proceso.
- Mediante una comparativa se obtendrán datos e información que nos ofrezcan las cualidades de cada proceso.
- No se cuenta con un software que nos de un porcentaje de efectividad al momento de inyectar piezas. Sólo se cuenta con la experiencia del fabricante.

JUSTIFICACIÓN

Se requiere realizar el rediseño de todo un prototipo que se diseñó para ser fabricado mediante la impresión 3D, y así poder fabricarlo mediante la inyección de plásticos.

Con esta información también se podrá determinar el costo del prototipo diferenciando entre los procesos de impresión 3D e inyección, donde el costo involucra tiempo de fabricación, el scrap producido, la capacitación del personal, y el manejo de materiales.

CAPÍTULO 1

ESTADO DEL ARTE

En el presente capítulo se denota información acerca de la materia prima requerida para el desarrollo de los productos y los diferentes métodos de transformación de plástico, hablando de ellos para identificar características que aporten al desarrollo del proyecto.

1.1 INTRODUCCIÓN AL PLÁSTICO

A lo largo de los años, el plástico ha ido tomando mayor importancia tanto en su desarrollo como en su utilidad, ya que ha dejado de ser aquel material con el que se fabricaba un objeto desechable con una muy corta vida útil, y también de acuerdo al Dr. Hector Lorenzo Yustos, “sólo se podía entender como algo relativo a la reproducción de formas o a las artes plásticas, la pintura, la escultura o el moldeado”. De tal manera que en la actualidad esta palabra se llega a utilizar con mayor frecuencia y su significado no sólo se limita a un concepto de arte o de un objeto desechable, si no también lo relacionamos ahora con la tecnología y ciencia. [3]

“Plástico” [RAE] proviene del griego *plastikós* que significa capaz de ser modelado y dicho de un material que, mediante una compresión, puede cambiar de forma y conservar esta de modo permanente. Sin embargo, no es suficiente esta definición para conocer la gran variedad de materiales que así se denominan. [8]

El Dr. Yustos determina que los plásticos son sustancias de origen orgánico formadas por largas cadenas macromoleculares que contienen en su estructura carbono e hidrógeno principalmente. Se obtienen mediante reacciones químicas entre diferentes materias primas de origen sintético o natural. Es posible moldearlos mediante procesos de transformación aplicando calor y presión.

Y es que el consumo de plásticos sólo se encuentra por debajo del consumo del hierro y el acero, pero debe tomarse en cuenta que estos tienen una densidad entre seis y siete veces mayor a la de los plásticos. Por esta razón, el volumen producido de plásticos es mayor al de aquellos. Los plásticos seguirán creciendo en consumo pues empiezan a introducirse como alternativa en los mercados del vidrio, papel y metales debido a sus buenas propiedades y su buena relación costo-beneficio.

Durante los últimos cincuenta años la industria de las materias plásticas (plásticos) ha tenido un desarrollo de proporciones gigantescas, superando al de la industria del acero. Después de 1945 materiales como el poliestireno, polietileno, cloruro de polivinilo, poliamidas, polimetilmetacrilato, polipropileno, etc. han entrado en las casas de todos nosotros, independientemente de la condición social, tanto en los pueblos más remotos como en las grandes ciudades, tanto en los países industrializados como en las economías agrícolas. [3]

De acuerdo con Ulrich Reifenhäuser, presidente de la empresa fabricante de máquinas de extrusión Reifenhäuser, de Alemania, los plásticos serán el material más importante del siglo XXI. Esto debido a la gran variedad de propiedades técnicas que pueden desplegar y a que los beneficios que trae su desempeño superan ampliamente el costo relacionado con su producción.

Como es sabido, desde hace décadas los plásticos han ganado terreno en la industria, cumpliendo funciones que no pueden ser suplidas de mejor manera por otros tipos de materiales.

Los plásticos resultan idóneos para ser aplicados en el tratamiento de agua pura y de los efluentes de su disposición; otros desempeñan un gran papel en el campo del suministro y ahorro de energía; otros son aplicados en todo tipo de estructuras de comunicaciones. En la industria del transporte se distinguen por ofrecer alternativas ecológicamente más favorables; son claves en una gran variedad de desarrollos médicos, en la producción de implementos deportivos y en otras actividades recreativas y de bienestar. Además, en materiales plásticos se

han logrado diversos desarrollos que reemplazan al acero en la industria automotriz, y entre otras aplicaciones son destacables las que se dan en la industria de fabricación de empaques. [6]

1.2 LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO

La producción de plásticos comienza con un proceso de destilación en una refinería de petróleo que supone la separación del mismo en grupos más ligeros llamados fracciones.

Los dos procesos más importantes que se utilizan para producir plásticos son polimerización y poli condensación.

Los plásticos se agrupan en dos familias principales de polímeros:

- Termoplásticos (se ablandan con el calor y se endurecen al enfriarse)
- Termoestables (nunca se ablandan una vez que se han moldeado).

1.3 BONDADES DEL PLÁSTICO

Las principales ventajas de los plásticos en general es que tienen la propiedad de ser ligeros, versátiles, durables y aislantes eléctricos. Permiten el envasado de alimentos, el transporte de productos de un lugar a otro y absorben energía de impacto, entre otras. Además, optimizan los recursos porque con una pequeña cantidad de material se puede contener gran cantidad de producto.

1. *Los plásticos tienen la propiedad de ser recuperados energéticamente mediante incineración* (con separación previa o no en función del contenido energético); así, una tonelada de polímeros sustituye en poder calorífico a 1.4 toneladas de carbón, por esta razón, los residuos provenientes de envases plásticos pueden considerarse un nuevo tipo de combustible.
2. *Son irrompibles*: Los envases plásticos son prácticamente irrompibles, lo que evita derrames o daños en los productos alimenticios. Son

higiénicos: Permitiendo que el consumidor vea el producto, su color, frescura, composición sin necesidad de tocarlo, evitando deterioros y cumpliendo con las reglas de higiene, lo que significa cortar la cadena de transmisión de microorganismos responsables de enfermedades que se contagian por vía oral a través de los alimentos.

3. *Son amigables con el medio ambiente*: Los materiales plásticos requieren menor consumo de energía para su producción. Por ser livianos permiten ahorro de combustible durante su transporte y posteriormente una reducción en el peso de la basura, lo que implica menores costos de recolección y, una vez transformados en residuos, los plásticos son valorizables a través del reciclado mecánico, químico o mediante la incineración con recuperación energética.
4. *Son inertes*: Los plásticos son químicamente inertes, lo que permite envasar con absoluta seguridad medicamentos, alimentos y bebidas como agua, lácteos, gaseosas, hortalizas, frutas, fiambres, carnes, pescados, productos de conserva, etcétera. O en el campo de la salud: vacunas, remedios, vitaminas, sangre, suero, plasma, etcétera.

1.4 TIPOS DE PLÁSTICOS

Respecto a los diferentes tipos de plásticos que existen en el mercado los mostraremos a continuación, en el **ANEXO A** se escribe detalladamente los usos y ventajas de cada uno de ellos. [4]

- Polietileno Tereftalato (PET)
- Polietileno de Alta y Baja Densidad (PEAD / PEBD)
- Policloruro de Vinilo (PVC)
- Polipropileno (PP)
- Poliestireno (PS)
- Otros Plásticos

1.5 MÉTODOS DE TRANSFORMACIÓN

En los procesos de transformación de plásticos existe una gran variedad de tipos de procesos de transformación de los materiales polímeros, al igual que diferentes formas de clasificarlos. Aunque existe un número mayor de procesos, se han seleccionado para su descripción los principales procesos de transformación, los cuales se pueden encontrar con más frecuencia y representan el 90% de los procesos de transformación de estos materiales, de acuerdo a lo que menciona el Dr. Yustos. Según esto, los principales procesos de transformación de plásticos son:

Extrusión

La extrusión consiste en la utilización de un flujo continuo de materias primas para la obtención de productos lineales. Las materias primas se someten a fusión, transporte, presión y deformación. El polímero fundido (o en estado ahulado) es forzado a pasar a través de un 'Dado' también llamado boquilla, por medio del empuje generado por la acción giratoria de un husillo (tornillo de Arquímedes) que gira concéntricamente en una cámara a temperaturas controladas llamada cañón, con una separación milimétrica entre ambos elementos. El material polimérico es alimentado por medio de una tolva en un extremo de la máquina y debido a la acción de empuje se funde, fluye y mezcla en el cañón y se obtiene por el otro lado con un perfil geométrico preestablecido. Algunos de los productos que comúnmente se obtienen mediante este proceso son: perfiles, tuberías, placas, láminas, cables.

Calandrado

El calandrado es un proceso continuo de conformado que consiste en hacer pasar un material sólido a presión entre rodillos de metal generalmente calientes que giran en sentidos opuestos. La finalidad puede ser obtener láminas de espesor controlado o bien modificar el aspecto superficial de la lámina. Este proceso se aplica a una gran variedad de materiales, incluyendo metales, fibras textiles, papel y polímeros. En concreto el calandrado de termoplásticos consiste en pasar el plástico por una serie de rodillos para producir una hoja continua. En

este recorrido el plástico parte del estado sólido en la forma de suministro, pasa por el estado líquido-plastificado y finalmente llega de nuevo al estado sólido en forma final del mismo. Alguno de los rodillos puede estar grabado para dar una textura a la hoja resultante. El espesor de la lámina está dado por la distancia existente entre dos rodillos. Con este proceso se producen láminas que se utilizan como materia prima para otros procesos secundarios, pero también productos como cortinas de baño, alfombras e impermeables.

Inyección

El moldeo por inyección es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más famosas, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar de forma discontinua componentes con formas geométricas de alta complejidad. Para ello se necesita una máquina de inyección que incluya un molde. En este último, se fabrica una cavidad cuyo tamaño y forma son idénticos a los de la pieza que se desea obtener. La cavidad se llena con plástico fundido aplicando presión, el cual se solidifica, manteniendo la forma moldeada.

* Este proceso, al ser el proceso de estudio que se llevará a cabo en el trabajo de tesis, se explicará todavía más adelante.

Soplado

El moldeo por soplado es un proceso por medio del cual se producen objetos de plástico huecos, como por ejemplo botellas. Es un proceso discontinuo que consta en general de dos pasos: el primero es la obtención de una preforma y el segundo el soplado de un fluido en su interior, para inflándola adaptar su exterior (y también su interior) al interior de un molde. El primer paso se puede realizar principalmente de dos maneras, una es obtener esa preforma por inyección y otra consiste en la extrusión del polímero fundido a través de un dado especial con un perfil tubular llamado parisón. En ambos casos, tras obtener esa preforma, se procede a su inflado en un molde, dentro del cual toma la forma final el polímero.

Termoconformado

El termoconformado, o simplemente termoformado, es un proceso discontinuo de fabricación de piezas abiertas en la que se parte de una lámina de materiales plásticos (ABS, PVC, HIPS, PP, PET, etc.) que previamente ha sido obtenida por otro método de fabricación, y a la cual, por la acción del calor proporcionado por una pantalla, placa u horno, se eleva la temperatura para que esté apta para la deformación. Luego, sobre un molde o matriz y aplicando aire comprimido o vacío (o inclusive ambos), se hace adherir la lámina al molde, el cual rigidiza la pieza por estar más frío que aquella. En algunos casos, para estirar la lámina, se utilizan preformas. Los moldes pueden contar también con filos para separar el contorno de la pieza de la lámina plana, la cual quedará con el "agujero" generado por la extracción de la pieza termoconformada.

Roto moldeado

El roto moldeado o moldeo rotacional es una técnica discontinua de procesamiento de polímeros que permite obtener piezas de tamaño mediano a muy grande con relativamente poco material y buena estabilidad. El moldeo rotacional consiste en disponer dentro de un molde el termoplástico fundido y hacer girar dicho molde en dos planos simultáneamente para conseguir el llenado completo del mismo y la compactación del material en su interior.

Moldeo por compresión

El moldeo por compresión es un proceso discontinuo de conformado de piezas en el que el material es introducido en un molde abierto al que luego se le aplica presión y calor, para que el material adopte la forma del molde y para que reticule y adopte definitivamente la forma deseada. En algunos casos la reticulación es acelerada añadiendo reactivos químicos, por ejemplo peróxidos. Se habla entonces de moldeo por compresión con reacción química. También se utiliza este proceso con materiales compuestos, por ejemplo plásticos reforzados con fibra de vidrio. En este caso el material puede no llegar a reticular, en cuyo caso adopta una forma fija gracias a la orientación imprimida a las fibras durante la compresión. El moldeo por compresión es el método menos utilizado en obtención de piezas. [3]

IMPRESIÓN 3D

Es un proceso extremadamente versátil y rápido con capacidad para crear geometrías de diversa complejidad en cientos de aplicaciones diferentes, y el apoyo a muchos tipos de los materiales. La impresión 3D es la tecnología más rápida de aditivos disponibles en el mercado. Estos sistemas se basan en procesos con una tecnología de chorro único. La tecnología de las impresoras permite la impresión de varias partes al mismo tiempo. La capacidad de apilar las capas dentro de la cámara de construcción permite un uso más eficiente del tiempo. En la impresión, sobre todo la impresión 3D, la exactitud de los modelos depende de la capacidad de reacción cuando y donde sea necesario. [2]

* Este proceso, al ser el proceso de estudio que se llevará a cabo en el trabajo de tesis, se explicará todavía más adelante.

Otros

Tenemos conocimiento de que existen otros procesos de transformación de plásticos, pero por debido a que industrialmente no tienen tanta importancia, solo se enumerarán. Estos otros procesos son: sinterizado, recubrimiento por cuchilla, inmersión, transferencia, bobinado o enrollamiento de filamento continuo, moldeo por centrifugación, pultrusión, colada, extensión, proyección con pistola, inmersión, moldeo por contacto, vaciado, esperado y RIM.

1.6 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN

Algunas de las clasificaciones que podemos hacer de los procesos de transformación de plásticos se describirán a continuación.

Por la continuidad del proceso

La primera clasificación ya se ha introducido al describir cada uno de los procesos y es en función de si son procesos continuos o discontinuos. De tal forma que se tiene:

- Procesos continuos: En los que el producto se crea de forma continua, existiendo un flujo continuo, más o menos constante, de material, desde los depósitos donde se carga la materia prima hasta la zona de acumulación

del producto ya transformado. En este caso se suelen obtener productos lineales que, bien se van acumulando de forma ordenada tal cual salen de la máquina de transformación, bien una vez que el producto final es expulsado de la máquina éste se divide y corta regularmente para obtener unidades independientes de dicho producto. Así los procesos que se pueden considerar continuos son: la extrusión y el calandrado.

- Procesos discontinuos: En los que el producto se crea de forma discontinua, no existiendo un flujo continuo de material desde los depósitos donde se carga la materia prima, hasta la zona de acumulación del producto transformado. En este caso se suelen producir piezas individuales con más o menos frecuencia en el ciclo de producción de cada unidad. De esta manera los procesos discontinuos son: la inyección, el soplado, el termo conformado, el roto moldeo y el moldeo por compresión.

Por el tipo de material a procesar

Otro tipo de clasificación es según el tipo de material a procesar. Atendiendo a los tipos de plásticos, que se han citado anteriormente en la clasificación realizada atendiendo a su estructura molecular, tenemos que:

- Para la transformación de Termoplásticos están los procesos de: extrusión, inyección, soplado, termoconformado, calandrado, sinterizado, recubrimiento por cuchilla e inmersión.
- Para la transformación de los Termoestables existen los procesos de: laminado, transferencia, bobinado de filamento continuo y pultrusión.
- Y para transformar ambos grupos tenemos los procesos de: vaciado, rotomoldeo, compresión, esperado y RIM.

Por los cambios de estado del material

Otra clasificación de los procesos de transformación se basa en los cambios del estado que sufre el material dentro de la maquinaria. Así, podemos encontrar la siguiente división: procesos primarios y procesos secundarios.

- Procesos primarios: En los procesos primarios el plástico es moldeado a través de un proceso térmico donde el material pasa por el estado plastificado y finalmente solidifica.
- Dentro de los procesos primarios tenemos los siguientes: extrusión, inyección, soplado, calandrado, inmersión, roto moldeo y compresión.
- Procesos secundarios: En los secundarios se utilizan medios mecánicos o neumáticos para dar la forma final al material sin pasar por la plastificación del material. Y dentro de los procesos secundarios están: termo conformado, doblado, corte, torneado y barrenado.

Criterios de selección del proceso

Cabe mencionar aquí algunos de los factores que influyen en la selección del proceso de transformación a usar para una aplicación en concreto:

- Dimensiones y formas de la pieza o producto
- Material y calidad final deseada
- Número de piezas o cantidad de producto a fabricar
- Inversión en maquinaria y utillaje admisible
- Automatización y necesidades de personal

Con base en estos factores, y en otros que aparecerán para cada caso en concreto, se deberá seleccionar el proceso de transformación a utilizar. Si bien, lo más seguro es que este proceso no sea el único que pueda satisfacer las necesidades existentes en cada momento, será necesario elegir solo uno.

1.7 MOLDEO POR INYECCIÓN

El moldeo por inyección consiste básicamente en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo a presión en las cavidades de un molde, donde se enfría una temperatura a la que las piezas pueden ser extraídas sin deformarse. El gran desarrollo de las máquinas de inyección se ha visto influido en los últimos años no sólo por el creciente número de materiales y tipos de los mismos disponibles, también por la demanda creciente de artículos de plástico. Muchos de los materiales corrientes como PS, PA, PVC, PMMA, etc., se desarrollaron en la década de los años 30. El moldeo por inyección se aplica normalmente a resinas termo plásticas si bien, con ciertas modificaciones, se puede aplicar a materiales termoestables y a elastómeros sintéticos.

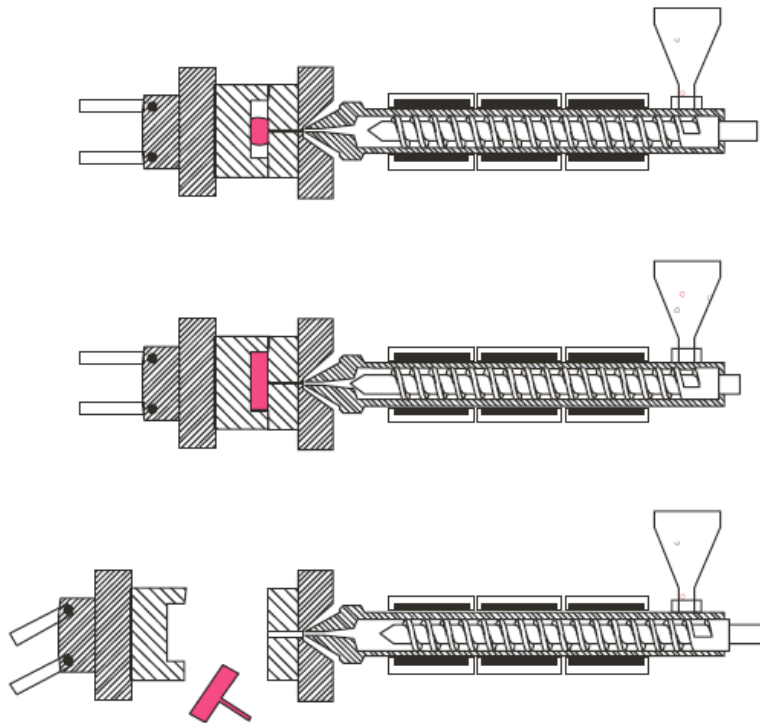


Figura 1. Secuencia de movimientos de una máquina de inyección convencional.
Autor: Yustos, H.

En el moldeo por inyección un polímero en estado líquido y caliente, no newtoniano, fluye a través de conductos o canales de geometría compleja, las paredes de los cuales están mucho más frías el propio polímero, y llena un molde que también tiene las paredes frías. El moldeo del proceso es muy complejo, aunque existen algunos programas comerciales ampliamente extendidos como el MOLDFLOW, que han contribuido al estado actual de desarrollo de esta técnica. El moldeo por inyección es, quizá, el método de transformación más característico de la industria de plásticos, y de hecho las máquinas de inyección modernas son un ejemplo de máquinas ideadas y fabricadas con vistas a la producción masiva de piezas.

El proceso puede dividirse en dos fases; en la primera tiene lugar la fusión del material y en la segunda la inyección del mismo en el molde. La manera de realizar estas dos fases es lo que distingue unas máquinas de otra.[3]

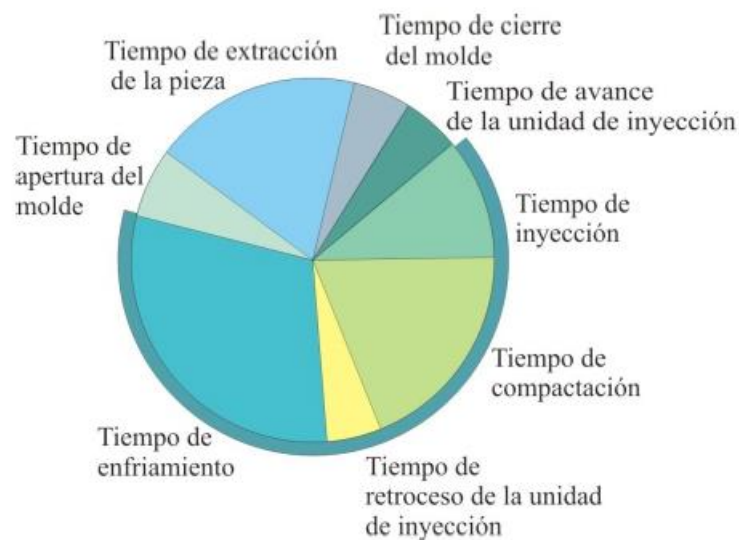


Figura 2. Duración relativa de las diferentes etapas del ciclo de inyección en una máquina convencional.
Autor: Yustos, H. [3]

1.8 IMPRESIÓN 3D

Las impresoras 3D utilizan la inyección de tinta estándar para crear las capas de polímero. En lugar de alimentación de papel en los cabezales de impresión como una impresora 2D, una impresora 3D mueve los cabezales de impresión sobre un lecho de polímero en la cual se imprime los datos de corte transversal enviados desde el software. Se requiere de polímero que se distribuye con precisión y de forma homogénea en la construcción de la plataforma. Las impresoras llevan a cabo esta tarea utilizando un pistón de alimentación que se eleva de forma incremental para cada capa. Un mecanismo de rodillos extiende el polímero alimentado desde el pistón de alimentación.

La impresión 3D es la tecnología más rápida de aditivos disponibles en el mercado. Estos sistemas se basan en procesos con una tecnología de chorro único. La tecnología de las impresoras permite la impresión de varias partes al mismo tiempo. La capacidad de apilar las capas dentro de la cámara de construcción permite un uso más eficiente del tiempo. En la impresión, sobre todo la impresión 3D, la exactitud de los modelos depende de la capacidad de reacción cuando y donde sea necesario.

El método utilizado para distribuir el material contribuye a la velocidad global del proceso de impresión 3D. Se utiliza un método de propagación para depositar más de 90 por ciento del material, que es extremadamente eficiente y rápido. Sólo un pequeño porcentaje de material se acumula en los cabezales de impresión. Otras tecnologías de prototipado aditivo depositan el material de construcción a través de una boquilla, lo que resulta velocidades de impresión muy lentas y largos tiempos de entrega de prototipos.

La inyección de tinta contribuye de manera fundamental a una mayor velocidad, aunque hay varias razones por las cuales los sistemas son más rápidos. Los procesos del software de datos avanzan en paralelo con la impresión de la pieza. Mientras que se trabaja en los depósitos de la impresora 3D de la

primera capa, el software realiza rebanadas. Algunas tecnologías de procesos aditivos realizan todas las rutas de la herramienta antes de que comience el trabajo. Aunque el tiempo de procesamiento puede parecer rápido, a menudo es sólo una fracción del tiempo total que se necesita para construir la pieza. En realidad, se pueden necesitar hasta una hora para preparar un trabajo con múltiples partes utilizando algunas tecnologías de aditivos.

Las impresoras 3D permiten el apilamiento de partes verticalmente, ya que no requieren de estructuras de apoyo. La producción de piezas con otros tipos de tecnologías requiere soportes de la estructura a lo largo del eje vertical, lo que limita la capacidad de apilar las piezas. En este caso, los usuarios pueden utilizar toda la superficie para construir y producir piezas múltiples con sólo un procedimiento de configuración, reduciendo aún más el número total de generaciones y el tiempo de procesamiento.

1.9 PROTOTIPADO RÁPIDO

Mientras las ideas de diseño se refinan, a menudo un equipo de diseño trabaja en forma simultánea con el área de manufactura para determinar las mejores maneras de hacer y ensamblar las piezas necesarias. Después de varios ciclos de refinación, análisis y síntesis de las mejores ideas, el diseño final está listo para entrar en producción. Los sistemas de *Prototipado Rápido* permiten a los diseñadores generar piezas de manera veloz, directamente, a partir de modelos en 3D para hacer maquetas y probarlas. Por ejemplo, puede probarse la facilidad de uso para el hombre o explorar las reacciones de los clientes en grupos de enfoque de los consumidores mostrándoles reproducciones de los productos desarrollados utilizando el prototipado rápido. Los datos de diseño en 3D pueden formatearse para ser usados en los equipos de prototipado rápido. [2]

1.10 CLASIFICACIÓN DE LOS PROCESOS DE TRANSFORMACIÓN

En este punto se describen los distintos tipos de clasificaciones en la transformación de plásticos. Algunas de las distintas clasificaciones que podemos hacer de los procesos de transformación se exponen a continuación.

1.10.1 Por la continuidad del proceso

La primera clasificación se refiere a que si son procesos continuos o discontinuos. De esta forma tenemos lo siguiente:

- **Procesos continuos:** En los que el producto se crea de forma continua, existiendo un flujo continuo, más o menos constante, de material, desde los depósitos donde se carga la materia prima hasta la zona de acumulación del producto ya transformado. En este caso se suelen obtener productos lineales que, bien se van acumulando de forma ordenada tal cual salen de la máquina de transformación, bien una vez que el producto final es expulsado de la máquina éste se divide y corta regularmente para obtener unidades independientes de dicho producto. Así los procesos que se pueden considerar continuos son: la extrusión y el calandrado.
- **Procesos discontinuos:** En los que el producto se crea de forma discontinua, no existiendo un flujo continuo de material desde los depósitos donde se carga la materia prima, hasta la zona de acumulación del producto transformado. En este caso se suelen producir piezas individuales con más o menos frecuencia en el ciclo de producción de cada unidad.
- De esta manera los procesos discontinuos son: la inyección, el soplado, el termoconformado, el rotomoldeo y el moldeo por compresión.

1.10.2 Por el tipo de material a procesar

La siguiente clasificación es según el tipo de material a procesar. De acuerdo a los diferentes tipos de plásticos, tenemos que:

- Para la transformación de Termoplásticos están los procesos de: extrusión, inyección, soplado, termoconformado, calandrado, sinterizado, recubrimiento por cuchilla e inmersión.
- Para la transformación de los Termoestables existen los procesos de: laminado, transferencia, bobinado de filamento continuo y pultrusión.
- Y para transformar ambos grupos tenemos los procesos de: vaciado, rotomoldeo, compresión, esperado y RIM.

1.10.3 Por los cambios de estado de material.

Otra clasificación de los procesos de transformación se basa en los cambios del estado que sufre el material dentro de la maquinaria. De tal manera que encontramos los siguientes procesos: procesos primarios y procesos secundarios.

- Procesos primarios: En los procesos primarios el plástico es moldeado a través de un proceso térmico donde el material pasa por el estado plastificado y finalmente solidifica.

Dentro de los procesos primarios tenemos los siguientes: extrusión, inyección, soplado, calandrado, inmersión, rotomoldeo y compresión.

- Procesos secundarios: En los secundarios se utilizan medios mecánicos o neumáticos para dar la forma final al material sin pasar por la plastificación del material.

Y dentro de los procesos secundarios están: termoconformado, doblado, corte, torneado y barrenado.

1.11 CRITERIOS DE LA SELECCIÓN DE PROCESO

Existe gran variedad de criterios para la selección del proceso de transformación de plásticos, ya que esto además de ser un método estricto en lo que se refiere a los cálculos de fabricación también influye el grupo de trabajo que se tenga. Sin embargo en lo general, los siguientes son los factores que llegan a influir en una selección de proceso.

- Dimensiones y formas de la pieza o producto
- Material y calidad final deseada
- Número de piezas o cantidad de producto a fabricar
- Inversión en maquinaria y utillaje admisible
- Automatización y necesidades de personal

De acuerdo con estos factores que se mencionan, con esto se puede seleccionar un proceso de transformación a utilizar. Pero también siempre se está consiente en que un proceso seleccionado no siempre es el único que puede satisfacer las necesidades existentes en cada momento. [3]

CAPITULO 2

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta el tema de la ingeniería del diseño, mostrando los diferentes matices del concepto y haciendo una revisión detallada del estado del arte. Además se hace mención de aquellos requerimientos que se necesitan para poder realizar el diseño de piezas y/o máquina, así como las especificaciones de diseño que se necesitan para la fabricación mediante inyección de plásticos.

2.1 INGENIERÍA DE DISEÑO

El diseño como tarea consiste en pensar o idear y describir una estructura que aparece como una portadora de características deseadas (particularmente funciones). El diseño como proceso consiste en transformar información de las condiciones, necesidades y requisitos a la descripción de una estructura que la satisfaga.

La función básica del diseño de ingeniería es proporcionar soluciones a los problemas y satisfacer las necesidades o deseos de los productos, servicios o sistemas. El proceso del diseño de ingeniería comienza con el reconocimiento o la identificación de estas necesidades y la consideración de la viabilidad económica de su posible satisfacción. Un buen diseño no sólo debe resolver el problema, sino también debe satisfacer las necesidades y deseos del cliente. De esto se desprende que cualquier nuevo diseño, así como el proceso de diseño relacionado, debe estar impulsado en última instancia por las necesidades del usuario final.

Los diseños de ingeniería van desde los sencillos y de bajo costo, como la lengüeta de un envase para bebidas, hasta los complejos y costosos, como los productos que satisfacen las necesidades de viaje por aire, tierra y el espacio. Incluso la creación de un producto tan pequeño como la tapa de una lata de

bebida refrescante necesita herramientas de producción que implican un considerable esfuerzo de ingeniería y diseño.

Los productos pueden ser nuevos o versiones modificadas de productos ya existentes. Por ejemplo, los diseños de radios, tostadoras, relojes, automóviles y lavadoras han sido parecidos durante años, pero su estilo y características han cambiado para reflejar las nuevas necesidades y preferencias. Casi todos los diseños requieren hacer concesiones para cumplir con las restricciones presupuestarias, los objetivos de marketing y otras consideraciones. El tiempo presupuestado para un proyecto no es una excepción.

2.2 MODELOS Y PROTOTIPOS

En esta etapa de diseño habitualmente se construye un modelo a escala para estudiar, analizar y perfeccionar el diseño. Un modelo funcional de tamaño completo de acuerdo con las especificaciones finales (excepto, posiblemente, por los materiales) se conoce como un *prototipo*. En un equipo de diseño se trabaja a partir de bosquejos o dibujos CAD dimensionados para crear un prototipo que pueda usarse en las pruebas y en la visualización. El prototipo se prueba y modifica cuando es necesario y la información obtenida se utiliza para revisar el diseño si así se requiere. Cuando el modelo no resulta satisfactorio, puede ser necesario volver a una etapa anterior del proceso de diseño y repetir el procedimiento, teniendo en cuenta lo aprendido durante el proceso de prueba. Por supuesto, las consideraciones de tiempo y gasto siempre establecen el límite para la duración de este ciclo. Por último, el equipo debe tomar una decisión para el modelo de producción.

Un modelo CAD en 3D preciso puede actuar como un prototipo virtual, lo que hace que en ocasiones incluso sea innecesario crear un prototipo físico para probar el diseño. Utilizando un modelo CAD preciso, los diseñadores pueden observar los espacios y calcular las propiedades de masa. Un beneficio adicional es la capacidad de crear representaciones realistas del modelo, que pueden

usarse durante la visualización del diseño. Algunas veces, la pieza, sombreada y representada usando CAD, se ve aún mejor que el producto final, debido a la perfección de la imagen CAD en comparación con las superficies reales.

2.3 DISEÑO PARA MANUFACTURA.

El diseño y la manufactura son actividades interrelacionadas, no separadas. Cada pieza o componente de un producto debe diseñarse de manera que cumpla con los requisitos y especificaciones de diseño, y de modo que pueda fabricarse en forma económica y eficiente. Esto mejora la productividad y permite que el fabricante mantenga su competitividad.

Esta área se conoce como *diseño para la manufactura* (DPM). El DPM es un método completo para la producción de bienes y la integración del proceso de diseño con los materiales, los métodos de fabricación, la planificación de procesos, las pruebas de ensamble y la garantía de calidad. La aplicación efectiva del DPM requiere una comprensión fundamental de las características, las capacidades y limitaciones de los materiales, los procesos de fabricación, así como de las operaciones relacionadas, la maquinaria y el equipo. Esto incluye consideraciones como la variabilidad en el rendimiento de las máquinas, la precisión dimensional y acabado superficial de la pieza, el tiempo de procesamiento y el efecto del método de procesamiento en la calidad de la pieza.

[2]

2.4 EL MOLDEO POR INYECCIÓN

Como ya se ha comentado en páginas anteriores en este escrito el proceso de transformación de plástico que se seleccionó para el desarrollo de este trabajo ha sido el moldeo por inyección. De tal manera que es en este apartado en el que se profundizará aquellos aspectos relacionados con dicho proceso.

En el moldeo por inyección existen tres aspectos que están relacionados entre sí, los cuales son:

- Las piezas de termoplástico inyectado
- Los moldes de inyección de termoplástico
- Proceso de inyección del termoplástico

Estos tres factores también tienen una dependencia con el tipo de termoplástico que se pretende inyectar.

2.5 PIEZAS DE TERMOPLÁSTICO INYECTADO

Al plantearse la creación de una pieza, el diseñador debe tener especial cuidado en considerar todas las variables cuya influencia puede ser importante en el desarrollo del proyecto. Estas variables son las involucradas en cada uno de los pasos intermedios existentes entre la aparición del concepto inicial del producto y su fabricación. Por lo tanto, el diseñador debe conocer las particularidades de los materiales con los que trabaja, las condiciones operativas de la pieza, las que impone el método de fabricación y la viabilidad económica del proyecto.

Desde luego que esta labor es un tanto compleja y, en muchas ocasiones, los resultados no siempre concuerdan con la idea original o bien esta idea debe ser replanteada ante la imposibilidad de su puesta en práctica. La forma tradicional de abordar el diseño de una pieza de plástico inyectada parte de una propuesta básica junto con la elección de un determinado material. Es notable que el modelo se depure a fin de conseguir las características de rigidez y consistencia deseadas. Sin embargo, cuestiones como la influencia de las condiciones de transformación sobre el comportamiento posterior de la pieza o la consideración de las acciones externas que la misma pudiera soportar a lo largo de su vida útil forzar a trabajar con un elevado nivel de incertidumbre y a emplear factores de seguridad elevados. Esto lleva a fabricar artículos sobredimensionados o con grandes espesores de pared.

De tal forma que el máximo espesor de las piezas inyectadas está limitado por el proceso de inyección y las contracciones que sufre el material en el interior

del molde. Así pues, para obtener idénticas prestaciones mecánicas con espesores reducidos, la pieza debe tener geometrías en forma de nervios de forma abundante con los procesos tradicionales.

La misma ingeniería de diseño ha hecho que la consecución de un diseño óptimo requiera de la realización de numerosas pruebas, pues cada cambio efectuado en una etapa puede eventualmente afectar al resto. Asimismo, la presencia de un equipo experto ha sido condición imprescindible para acometer con garantías de éxito la construcción del molde de inyección, asegurar la fiabilidad de la pieza y pasar a su fabricación en serie.

2.6 FACTORES POR CONSIDERAR

Cuando trabajamos con materiales plásticos, el diseño adquiere una importancia fundamental, ya que hay que cuidarlo más para poder llegar a cumplir con los requerimientos definidos. Los factores donde el diseño puede influir de forma fundamental son:

- Funcionalidad de la pieza.
- Costes de fabricación.
- Costes de manipulación posterior.
- Número de operaciones posteriores.
- Complejidad de los utillajes de inyección (molde).

La ingeniería de diseño de piezas con materiales plásticos es una tarea compleja, existe una gran multitud de factores a tener en cuenta, los cuales influyen de forma directa en la viabilidad técnica y económica de un proyecto.

Los materiales plásticos tienen unas características propias que los hacen distintos de otros materiales, es por ello que los conceptos generales a tener en cuenta cuando creamos o definimos piezas con materiales plásticos, difieren en

buena parte con los de otros materiales. En general se pueden trazar unas líneas básicas que se deben respetar en la medida de lo posible a la hora de diseñar una pieza de termoplástico inyectado:

- Se debe intentar evitar los espesores excesivos en la pieza. Mayores espesores provocan un enfriamiento irregular de la pieza y provocan la formación de rechupes, vacuolas o tensiones, además de que implican un mayor coste, puesto que se está utilizando más cantidad de materia prima de la necesaria.
- Los espesores en la pieza deben ser uniformes para evitar las tensiones internas de la pieza, provocadas por las diferencias en los tiempos de enfriamiento y solidificación.
- Intentar buscar una cierta simetría de la pieza es una buena práctica, ganaremos en estabilidad dimensional, evitaremos deformaciones y por descontado, se disminuirán costes.
- Están desaconsejadas las aristas y ángulos vivos, tanto internos como externos. Debilitan la pieza, pudiendo constituir entalla, es decir, un fácil punto de rotura y pueden ocasionar tensiones. Por ello se realizarán radios de acuerdo admisibles.
- Es necesario definir ángulos de desmoldeo en las superficies perpendiculares a la apertura del molde para facilitar su extracción.

2.7 DISEÑO DE PIEZAS CONSIDERADAS PARA EL MOLDEO POR INYECCIÓN

En el momento en que se realiza el diseño de las piezas de plástico es conveniente identificar las características e impedimentos en el diseño de éstas para evitar errores o defectos posteriores que provocarían serios problemas en un proyecto. Los principales aspectos a los que se debe prestar especial atención, antes de empezar a diseñar una pieza de plástico, son los siguientes.

Consideraciones geométricas:

En primer lugar se pueden hacer una serie de consideraciones generales para todas las piezas según la geometría.

- Piezas macizas: se deben evitar los grandes espesores, en caso de necesitar un gran volumen de pieza, deberán buscarse soluciones para el vaciado de la pieza.
- Piezas profundas: tener en cuenta que cuando el material fundido entra en el molde, este se encuentra lleno de aire, y este aire debe salir de la cavidad del molde empujado por la masa de material fundido. Se debe tener en cuenta que en el llenado del molde no se obstaculice la salida del aire por tener un diseño inadecuado.
- Piezas largas: la inyección simétrica de piezas muy largas puede ocasionar roturas de la pieza en el punto de simetría. Habrá que realizar la inyección por el contrario reflujo, puesto que la inyección desde un extremo de la pieza tampoco es una solución óptima para estos casos.
- Piezas con grandes superficies: las piezas con grandes superficies se prestan a defectos que afectarán a la estética de la pieza: aguas, ráfagas, cambios de brillo. El uso adecuado del grabado puede solucionar los defectos habituales en este tipo de piezas. También pueden presentar diferencias en las contracciones, con lo cual pueden existir deformaciones. Una buena medida puede ser la diversificación de los puntos de inyección, pero esta tarea debe ser realizada cuidadosamente y, si es posible, con la ayuda de algún software de simulación de inyección.
- Ángulos de desmoldeo: son necesarios en las piezas de inyección de plástico para poder realizar el desmoldeo ó extracción sin dañar la pieza. Se debe aplicar este ángulo a todas las paredes paralelas a la dirección de extracción. El ángulo de desmoldeo suele estar alrededor de 2°.
- Refuerzos: en las piezas de plástico, debido a la necesidad de utilizar espesores reducidos de material, existe la necesidad de reforzar la pieza

para que cumpla con los requerimientos mecánicos. En el diseño de nervios con respecto a la geometría o refuerzos se debe incidir en que éstos no pueden ser tan gruesos como la zona de la pieza donde van aplicados, puesto que ocasionarán con toda seguridad los famosos rechupes o vacuolas. Estos rechupes se generan a causa de la mayor acumulación de material en la intersección del nervio de refuerzo con la superficie donde se ha aplicado. Como norma genérica se puede decir que el grosor de los nervios de refuerzo deberá ser un 60% o 70% del espesor de la zona donde estén aplicados, y se debe recordar que los nervios excesivamente largos pueden provocar deformaciones.

Tolerancias:

Las tolerancias dimensionales en plástico son siempre fuente de problemas, dado que existen multitud de factores que influyen y afectan sobre ellas. Los factores principales que afectan a las tolerancias de la pieza son:

- Dimensiones en el molde.
- Contracciones de moldeo y post contracción.
- Dilatación térmica del molde.
- Variaciones por la humedad o temperatura ambiente.
- Deformaciones por carga.
- Tolerancias de producción o trabajo.

De manera que en este listado se han enumerado los distintos factores que llegan a afectar las tolerancias de las piezas. Esta información nos indica que hay que saber elegir aquellas piezas que nos pueda afectar de manera significativa a las tolerancias.

En primer lugar, se debe analizar si las tolerancias son puramente dimensionales o si son tolerancias funcionales. En el caso de las tolerancias dimensionales es conveniente trasladarlas a elementos o materiales menos problemáticos. Cuando se trata de tolerancias funcionales se debe estudiar

diferentes soluciones en el diseño que permitan absorber esas tolerancias. [3]

2.8 METODOLOGÍA DE DISEÑO

Para la creación de una maquina actual y vanguardista es importante conceptualizarla a través de un enfoque mecatrónico. Por tal motivo es importante identificar una metodología de diseño pertinente, que a través de la revisión bibliográfica se identifica la metodología de diseño y desarrollo de sistemas mecatrónicos (DDSM). Dicha metodología contempla la creación de un sistema inteligente desde su conceptualización hasta su industrialización para cumplir con las expectativas de investigación, desarrollo tecnológico e innovación, a través de una serie de etapas de diseño, como se ilustra en la Imagen 3, que buscan sinérgicamente la creación de un prototipo con bases científicas, tecnológicas y de ingeniería contemporánea. [1]

Bajo esta perspectiva se establece conceptualizar, diseñar, analizar, sintetizar, y validar un prototipo de máquina mediante inyección de plástico.

Por las características de la máquina a desarrollar es importante la colaboración de un equipo de trabajo que contribuya sustancialmente a la conceptualización para obtener a los sistemas involucrados.

SISTEMAS INTELIGENTES

Requerimientos Dinámicos

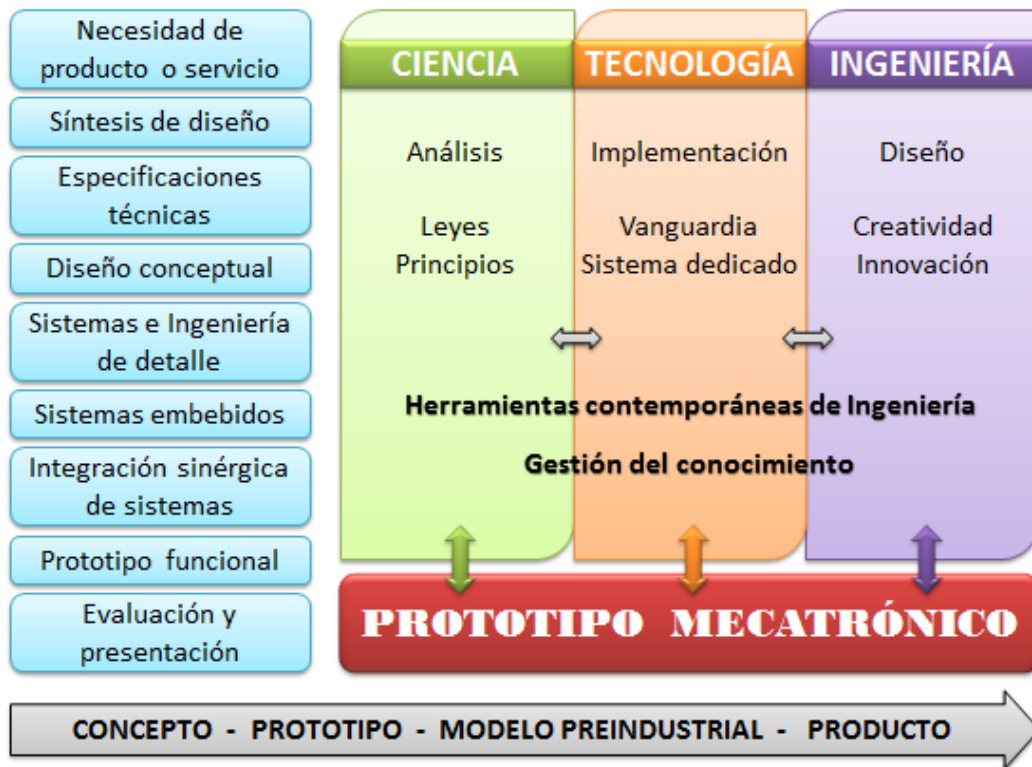


Tabla 1. Metodología de diseño DDSM.
 Autor: Arrollo, S. Huchin, A. Pozos, J. Sánchez, J. [1]

CAPITULO 3

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se establecerán los argumentos de ingeniería que se han realizado para las etapas en cumplimiento del objetivo planteado a través del diseño para la funcionalidad del prototipo de máquina.

3.1 DESARROLLO

El desarrollo de este prototipo está conformado por distintas estaciones de trabajo del mismo; son estas estaciones que llevan a un ensamblaje final para el funcionamiento de la máquina.

1. Bandeja de puntas y Termociclado
2. Bandeja de viales y mecanismo de indexado
3. Mecanismo de transporte
4. Centrífuga
5. Depósito de basura
6. Estación de tapas
7. Placa base

De estas etapas para el funcionamiento se realizó el re diseño de cada una de ellas, en las cuales se muestran a continuación algunas de las piezas que se rediseñaron.

En la imagen 3 se tomaron aspectos de diseño tales como al ángulo de desmoldeo que se toma en cuenta para la inyección de plásticos, que en las piezas re diseñadas se tomó de 1° . Así mismo, se realizó el diseño de tal forma que la pieza pudiera ser desmoldeada en el eje de las Y, de tal forma que ninguna de las geometrías diseñadas debe de interrumpir en dicha acción.

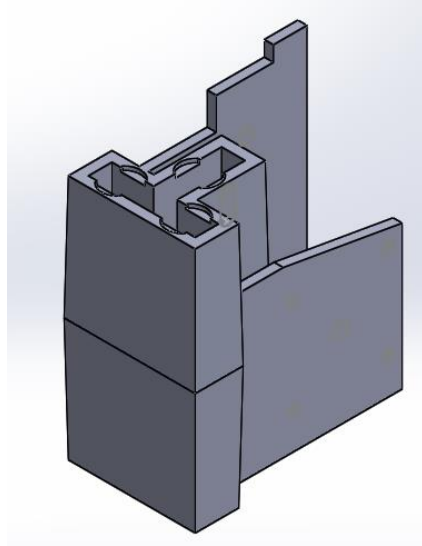


Imagen 3. Brazo guía.
Fuente: autor

La pieza que se muestra en la imagen 4 es un diseño que se realizó en miras para que fuera fabricada en dos partes, esto debido a las geometrías que involucran a esta debido a la cantidad de barrenos que tiene distribuida en X y en Y. De tal manera que se secciono por la parte central superior de ella junto con aquellos barrenos que pudieran complicar en desmoldeo en X.

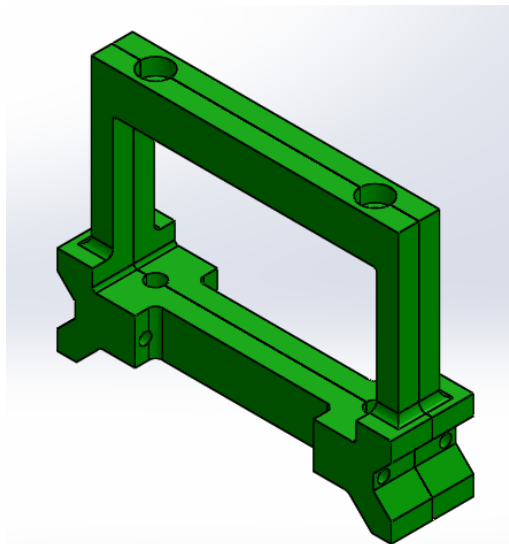


Imagen 4. Soporte termociclado dividido.
Fuente: autor

En la tapa de levas que vemos en la figura 5 se presenta un diseño que se realizó para ser desmoldeado en Z, esto involucrando los barrenos y geometría en curva en la que está diseñada.

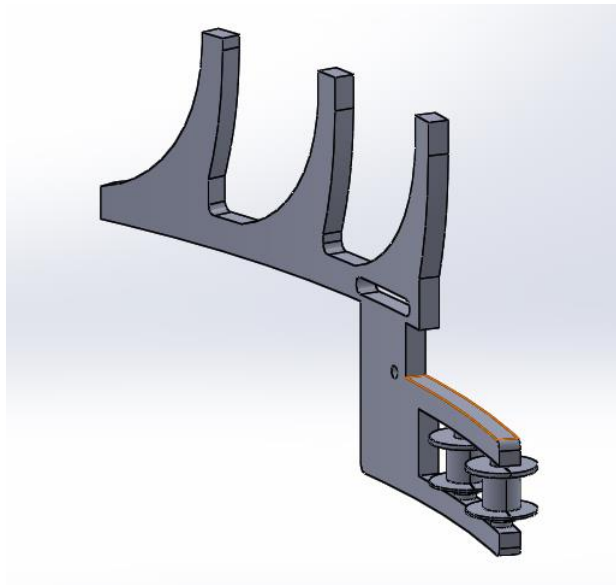


Imagen 5. Tapa leva.
Fuente: autor

La imagen 6 nos muestra el soporte de banda, pieza que su diseño implica una superficie dentada con su ángulo de desmoldeo que requiere, de manera que este se realice en el eje Z.

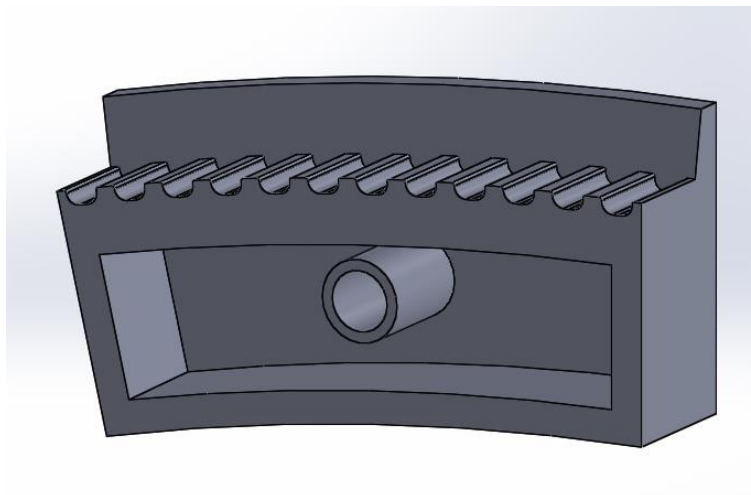


Imagen 6. Soporte banda
Fuente: autor

El soporte de la bandeja de viales, como se ilustra en la figura 7, requirió de un diseño con las paredes delgadas de 3mm, costillas que nos ayuden a la distribución del peso de carga y de un mejor soporte en ella, así como la simetría tomada en cuenta para una mejor estética de la pieza, misma que tendrá un desmolde en el eje Z.

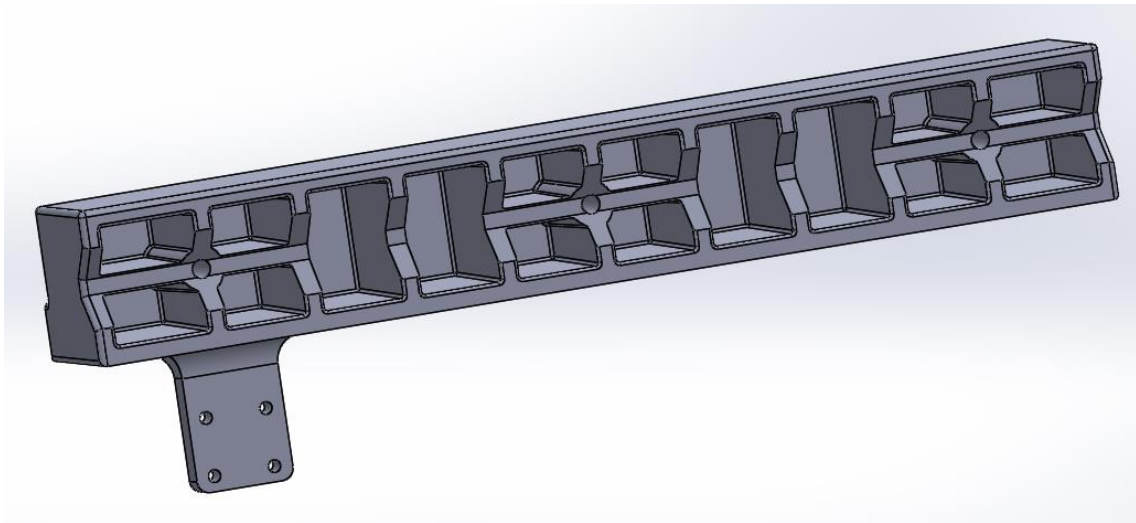


Imagen 7. Soporte bandeja de viales.
Fuente: autor

La pieza de indexado implica la figura 8 y 9. Esta pieza se secciono en dos partes debido a la geometría que implican sus bases que van colocadas en su parte inferior en sus dos extremos, y esta misma impediría el desmoldeo de la pieza. Así que en la pieza del indexado se diseñaron todas sus paredes con un espesor de 3mm, lo cual requirió también de generar vaciados en la pieza, con el fin de reducir material y hacer una pieza un tanto más económica; sin olvidar los soportes que se diseñaron en ella para tener una menor posibilidad de fractura. Esta pieza será desmoldeada en el eje Y.

En el caso de la base del indexado, también se realizó el diseño con soportes internos que nos ayudan a poder distribuir el peso de la pieza y a tener simetría en ella, este diseño se realizó con el anterior del soporte de la bandeja de viales mostrado en la figura 8. Su desmoldeo se realizará en el eje Z.

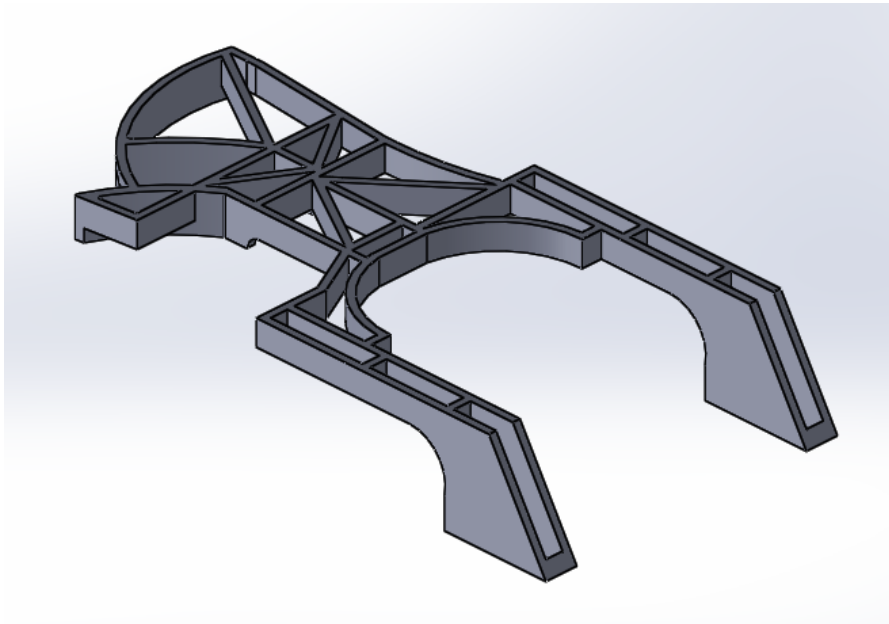


Imagen 8. Indexado
Fuente: autor

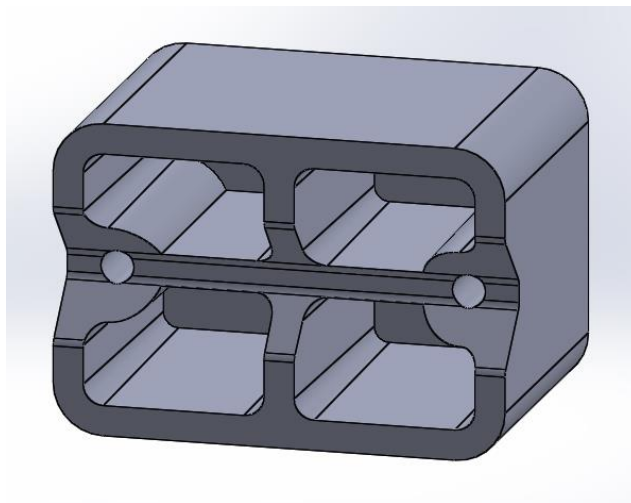


Imagen 9. Base indexado
Fuente: autor

La pieza que se muestra en la imagen 10, se diseñó para que fuera desmoldeada en el eje Y, así que se diseñaron los soportes para esta pieza así como las costillas para que se pudiera distribuir el peso de forma más apropiada. Esto debido a que se aplicará una fuerza vertical en el eje Y, siendo esta carga un motor a pasos no mayor a los 300 gr. de manera que con estos refuerzos diseñados, como se mencionó anteriormente la fuerza quedará distribuida en todas esas geometrías añadidas y podrá evitar una ruptura en la pieza.

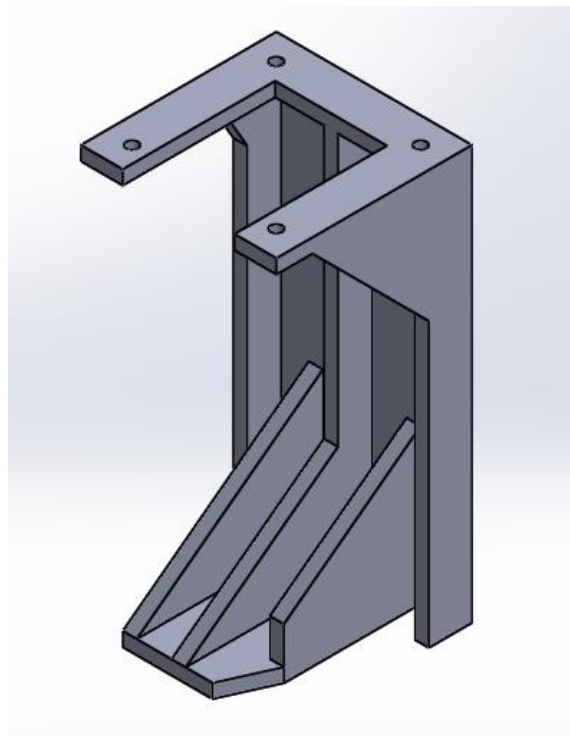


Imagen 10. Soporte de motor.
Fuente: autor

3.2 MATRIZ DE COMPARACIÓN

A continuación, mediante una matriz se realiza la comparación entre los dos procesos de fabricación que se trabajaron, la impresión 3D y la inyección de plásticos, la cual nos ayudará a visualizar la información a detalle obtenida con el trabajo.

Tabla 2. Matriz comparativa entre procesos de fabricación del soporte de Indexado
Fuente: autor.

	Impresión 3D	Inyección de plástico
Costos de máquina	No hay costo debido a que se fabrica con proveedor	US \$31,000.00
Polímero utilizado	ABS y PLA	PLA
Tiempo de diseño por pieza	5 hrs	7 hrs
Capacidad volumétrica	50x50x50 cm	Depende de la capacidad de la inyectora seleccionada.
Tiempo de capacitación por proceso	50 hrs	85 hrs
Proceso de diseño	Diseño en CAD con mayor libertad.	Diseño en CAD con restricciones dependiendo de la geometría de la pieza, tomando en cuenta el ángulo de desmoldeo, el grosor máximo de las paredes de la pieza y la división de la misma.
Re trabajo de la pieza terminada	Requiere de un re trabajo	No requiere del re trabajo
Calidad de pieza terminada	Plástico estéticamente con detalles	Pieza final con detalles mínimos.
Producción	Fabricación en una sola pieza	Fabricación en 2 piezas debido al desmoldeo de pieza.
Tipo de fabricación	Prototipo	Producción en serie
Tiempo máximo de producción *(pieza soporte carrusel)INDEXADO	240 min	0.3 min
Costos de fabricación	\$401.36	Dato por especificar.

CONCLUSIONES

En el desarrollo del presente escrito se ha obtenido como resultado que se realizó con éxito el rediseño de las piezas que componen cada estación del prototipo, que como se mencionó en un principio se realizó con el propósito de poder llevar la PCR del prototipo como tal a una producción en serie, y darle como tal una solución al problema presentado por la empresa.

De manera que ya plasmado el proceso de diseño que se vio involucrado en este escrito, logrando obtener una matriz comparativa entre procesos, esta misma nos ha ayudado a obtener una mejor información o visualización entre procesos y es esto mismo lo cual nos otorga las conclusiones que se muestran a continuación.

Para el caso de la impresión en 3D:

- Se ha obtenido que este proceso de fabricación nos permite realizar en algún momento dado los ajustes necesarios que requiera la pieza, es decir, una vez teniendo físicamente la pieza nos permite visualizar aquellos defectos o virtudes de la misma, y en dado caso de requerir de una corrección este proceso nos lo permite.
- El diseño en este proceso implica personal bien capacitado, lo cual se compensa por la facilidad que se tienen en realizar diferentes tipos de diseños utilizando un mismo equipo.
- El costo que involucra este proceso es justificado por la facilidad que nos da para realizar los ajustes necesarios que requiera la pieza en el diseño.

Para el caso de la inyección:

- Previo a tener un diseño ya establecido, esto nos permite aplicar una producción en serie del producto.
- Es evidente en este proceso que no es factible realizar modificaciones en el diseño, ya que esto implicaría realizar un nuevo diseño de molde, lo cual aumentaría en gran manera el costo.

- Este proceso requiere también personal altamente capacitado, ya que los aspectos que se requieren para el diseño son muy específicos, esto debido a que se contempla el comportamiento que pudiera tener el plástico el momento de ser inyectado así como los soportes y ángulos de desmoldeo, es por eso de la importancia de llevar el pie de la letra el proceso de diseño.

Para la empresa le quedan claro entonces los alcances que le proporcionan el uso de las dos tecnologías para el diseño y producción de sus productos.

REFERENCIAS

- [1] Arrollo Díaz, S. Huchin Herrera, A. Pozos Osorio, J. Sánchez Santana, J.P. (2012). Diseño y Construcción de un Quadruktor [QR4]. Puebla, Puebla, México.
- [2] Giesecke, F. Mitchell, A. Spencer, H. Hill, I. (2013). Dibujo técnico con gráficas de ingeniería. 14ª ed. México: Pearson. ISBN: 978-607-32-1353-0
- [3] Yustos H. (2008) Aplicación de nuevas tecnologías en la realización de herramientas para moldes de inyección de termoplásticos. Tesis Doctoral.
- [4] Asociación Nacional de Industrias del Plástico. [En línea]. Consultada en: <http://www.anipac.com.mx/plastipedia.php> [7 de Marzo 2016]
- [5] CESAT. [En línea]. Consultada en: <http://www.empresasupaep.com/cesat.html> [4 de Marzo 2016].
- [6] DESARROLLO DE LA INDUSTRIA DEL PLÁSTICO. [En línea]. Consultada en: http://www.plastico.com/imprimir/Tendencias-y-panorama-general-de-desarrollo-en-la-industria-plastica-en-los-proximos-5-anos/_3042445. [10 de Abril 2016]
- [7] PLASTICO [En línea]. Consultada en: http://www.plastico.com/imprimir/Tendencias-y-panorama-general-de-desarrollo-en-la-industria-plastica-en-los-proximos-5-anos/_3042445 [10 de Marzo de 2016]
- [8] Real Academia Española. [En línea]. Consultada en: <http://dle.rae.es/?id=TLksLOy> [5 de Marzo de 2016]

ANEXO A

TIPO DE PLÁSTICOS



Polietileno Tereftalato (PET)

-Usos: Envases para gaseosas, aceites, agua mineral, cosmética, frascos varios, películas transparentes, fibras textiles, laminados de barrera (productos alimenticios), envases al vacío, bolsas para horno, bandejas para microondas, cintas de video y audio, geotextiles (pavimentación/caminos), películas radiográficas.

-Ventajas: Barrera a los gases, Transparente, Resistencia al rasgado, punzura y fractura, Liviano, Impermeable, No tóxico, Inerte



Polietileno de Alta y Baja Densidad (PEAD / PEBD)

- Usos: Envases para: detergentes, lavandina, aceites automotor, shampoo, lácteos, bolsas para supermercado, bazar y menaje, cajones para pescados, gaseosas, baldes para pintura, helados, aceites, tambores, caños para gas, telefonía, agua potable, minería, drenaje y uso sanitario, macetas, bolsas tejidas, industria médica y la aplicación en la agricultura (acolchados, invernaderos, ollas de agua, etc).

-Ventajas: Resiste a bajas temperaturas, Resistencia al rasgado, punzura y fractura Liviano, Impermeable, Inerte, No tóxico, Excelente brillo y alta resistencia química.



Policloruro de Vinilo (PVC)

-Usos: Envases para: agua mineral, aceites, jugos, mayonesa, perfiles para marcos de ventanas, puertas, caños para desagües y de redes de agua potable, mangueras, blisters para medicamentos, pilas, juguetes, envolturas para

golosinas, películas flexibles para envasado (carnes, fiambres, verduras), film cobertura, cables, juguetes, cuerina, papel vinílico (decoración), catéteres, bolsas para sangre y plasma, pisos, recubrimientos, carcasas de electrodomésticos o computadoras, placas para muebles.

-Ventajas: Liviano, Ignífugo, Resistente a intemperie y corrosión, Transparente, No tóxico



Polipropileno (PP)

-Usos: Película/film (snacks, alimentos, cigarrillos, chicles, indumentaria), bolsas de rafia tejidas (papas, cereales), envases industriales (Big Bag), hilos, cabos, cordelería, tubería para agua fría y caliente, jeringas descartables, tapas en general, envases, bazar y menaje, cajones para bebidas, baldes para pintura, helados, potes para margarina, fibras para tapicería, cubrecamas, telas no tejidas (pañales descartables), alfombras, cajas de baterías paragolpes y autopartes.

-Ventajas: Inerte, Resistente a la temperatura, Barrera a los aromas, Impermeable, Resistencia al rasgado, punzura y fractura, Brillo, Liviano, Transparente en películas, No tóxico, Alta resistencia química.



Poliestireno (PS)

- Usos: Botes para lácteos, helados, dulces, etcétera; envases varios, vasos, bandejas de supermercado y rosticería, Heladeras: contrapueras y anaqueles; cosmética: envases, máquinas de afeitar descartables; bazar: platos, cubiertos, bandejas, etcétera; juguetes, casetes, blisters, etcétera.

-Ventajas: Brillo, Ignífugo, Liviano, Impermeable, Inerte y no tóxico, Transparente, Fácil limpieza



Otros Plásticos

Se incluye una enorme variedad de plásticos como: Policarbonato (PC); Poliamida (PA); ABS; SAN; EVA; Polietireno (PU); Acrílico (PMMA) etc.

-Usos: Autopartes, chips, carcasas de computación, teléfonos, celulares y electrodomésticos en general, CD, accesorios náuticos y deportivos, piezas para la ingeniería aeroespacial, artículos para medicina, farmacología y cosmetología; botellas de agua, indumentaria, muebles; entre muchos otros.

-Ventajas: Resistencia a la corrosión, Flexibilidad, Livianos, No tóxicos, Gran resistencia a altas temperaturas, propiedades mecánicas y productos químicos.