



INSTITUTO TECNOLÓGICO DE SONORA

**REDUCCIÓN DE TIEMPO EN EL CAMBIO
DE MOLDE**

**TITULACIÓN POR TESIS
QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE**

**INGENIERO INDUSTRIAL Y DE
SISTEMAS**

PRESENTA

TOMÁS PEDRO VEGA SÁNCHEZ

GUAYMAS, SONORA

OCTUBRE DE 2009

ÍNDICE

Lista de Tablas

Lista de Figuras

CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.....	1
1.1.1 Contextualización.....	2
1.1.2 Descripción de la Empresa.....	3
1.1.2.1 Mapa Sistémico.....	5
1.1.2.2 Cadena de Valor.....	7
1.1.3 Descripción de Síntomas.....	10
1.2 Planteamiento del Problema.....	11
1.3 Objetivo.....	11
1.4 Justificación.....	11
1.5 Limitaciones y Delimitaciones.....	12

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1 ¿Qué es Moldeo?.....	13
2.1.1 Etapas del Proceso.....	13
2.1.2 Fabricación del Modelo.....	14
2.2 Tipos de Moldeo.....	15
2.3 Moldeo Por Inyección.....	16
2.4 El Principio de Moldeo por Inyección.....	19

2.5 Máquina de Moldeo por Inyección.....	19
2.6 Molde para Moldeo por Inyección.....	21
2.7 Parámetros más Importantes del Moldeo por Inyección.....	22
2.8 Moldes de Colada Fría y Colada Caliente.....	24
2.9 Moldeadoras de Rodilleras y de Presión Hidráulica.....	28
2.10 Diagrama de Ishikawa.....	29
2.11 Estudio de Tiempos y Movimientos.....	30
2.12 Encuesta.....	30

CAPÍTULO III. MÉTODO

3.1 Sujeto Bajo Estudio.....	32
3.2 Materiales.....	33
3.3 Procedimiento.....	33
3.3.1 Diagrama de Ishikawa.....	33
3.3.2 Estudio de Tiempos y Movimientos.....	34
3.3.3 Encuestas.....	35

CAPÍTULO IV. RESULTADOS

4.1 Movimientos Previos al Inicio de Cambio de molde.....	37
4.2 Procedimiento Para el Cambio de Resina en una Máquina Moldeadora.....	40

CONCLUSIONES.....	47
-------------------	----

RECOMENDACIONES.....	48
----------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....	49
---------------------------------	----

GLOSARIO.....	50
---------------	----

ANEXOS.....	52
-------------	----

LISTA DE TABLAS

Tabla 1a -1b. Contracción en Polímeros.

Tabla 2a – 2d. Defectos, Razones y Soluciones en Partes Moldeadas.

Tabla 3a – 3c. Procedimiento de Movimientos Paralelos para Técnicos de Moldeo en el Proceso de Cambio de Molde.

Tabla 4a – 4c. Relación de Tiempos Actuales en el Cambio de molde, con los Tiempos que se Esperan Obtener.

Tabla 5. Movimientos que se Pueden Realizar Antes de Detener el Proceso actual.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa Sistémico.

Figura 2. Cadena de Valor.

Figura 3 Diagrama Causa- Efecto, del Tiempo de Cambio de Molde.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes.

Tyco Electronics inició operaciones en la ciudad de Empalme, Sonora a finales de mayo del año 2000, con alrededor de 600 empleados en un solo edificio, los primeros productos que se manufacturaban eran arneses para bolsas de aire, moldeo de componentes, ensamble de componentes y la caja de distribución de poder, estos productos eran para diferentes clientes como lo son: AUTOLIV, TAKATA, CHRYSLER, FORD, G.M. Tyco Electronics, tomo los derechos de la compañía THOMAS AND BETTS la cual la antecedía la compañía AUGAT.

La empresa se encuentra localizada en el parque industrial bella vista de Maquilas Tetakawi. Actualmente, Tyco Electronics cuenta con 2300 empleados distribuidos en dos edificios, los cuales se utilizan para las siguientes funciones.

TYCO 1. Manufactura de productos automotrices, moldeo y ensamble de varios componentes.

TYCO 2. Manufactura de productos automotrices (arneses), corte y aplicación de terminales a cables, para varios arneses manufacturados en Tyco 1 y 2.

Los productos que actualmente se manufacturan además de los antes mencionados son:

1. Caja de distribución de poder para las pick up DAKOTA de CHRYSLER.
2. Arnés para el centro de entretenimiento para varias marcas de carro.
3. Arnés para el direccional, desempañado y movimiento de los espejos laterales, de varias marcas, para recepción de señales de teléfono y radio de varios tipos de carros.

El moldeo por inyección es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más comunes en el mercado, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar componentes con formas geométricas de alta complejidad. Para ello se necesita una máquina de inyección (ver anexo 1) que incluya un molde (ver anexo 2). En este último, se fabrica una cavidad o varias cavidades cuya forma y tamaño son idénticos a las de la pieza que se desea obtener. La cavidad se llena con la materia prima que es plástico fundido, el cual se solidifica, manteniendo la forma moldeada.

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección ha sido influido su uso en la industria por la demanda de productos con diferentes características geométricas, con diferentes polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas en el proceso de moldeo, y un ciclo de moldeo corto y preciso.

1.1.1 Contextualización.

El presente trabajo de investigación se desarrollara principalmente en la localización de la herramientas además de un fácil y correcto procedimiento de trabajo, para el

cambio de molde; por esta razón la intención de este proyecto, es analizar detalladamente el proceso utilizando diagramas de Ishikawa, estudio de tiempos y movimientos, lluvia de ideas y encuestas, que puedan determinar cuales son las causas de mayor impacto que generan el aumento de tiempo al momento del cambio de molde.

1.1.2 Descripción de la Empresa.

Tyco Electronics es una empresa exitosa en su ámbito, que fabrica una gran variedad de productos dentro del área automotriz. En cuestiones de calidad cuenta con un sistema básico de control de la misma. Está involucrado con los procedimientos, instrucciones de trabajo, y formas, como con el manual de calidad. La empresa pretende que sus trabajadores desarrollen una actividad laboral con integridad, responsabilidad de trabajo en equipo para lograr la excelencia, que vivan la relación de trabajo productivo con la mira más alta en el desarrollo organizacional, que estén dispuestos a ser emprendedores y que les entusiasme aportar ideas en Pro de la mejora continúa .

La compañía de Tyco Electronics empalme se puede ver desde un enfoque sistémico pero para esto se tienen que desglosar todos los elementos de esta para comprender su funcionamiento.

Este sistema se compone por más de un subsistema, como son: departamento de calidad, ingeniería de métodos, ingeniería de manufactura, ingeniería de procesos, recursos humanos, finanzas, mantenimiento, capacitación y materiales, planeación, medición, análisis y mejora.

Calidad: Es el encargado del control de procesos, así como también de la liberación de estos para poder ofrecerle al cliente la certeza de que los productos que se estén

consumiendo sean confiables, según las especificaciones que estén solicitando y cumplan con las requisiciones por parte de la demanda.

Ingeniería de métodos: Se encarga del diseño de procedimientos de manufactura, procurando que sean óptimos aprovechando de tal manera los recursos de la empresa, por que se esta buscando obtener una producción alta de gran calidad y minimizando costos. Ofreciéndole al cliente el producto justo a tiempo y con sus requerimientos satisfechos.

Ingeniería de manufactura: Trata de la transformación de los insumos en los productos demandados por el cliente, este departamento se divide en varios subsistemas a nivel general Tyco Electronics que son: área de corte, Moldeo de componentes, moldeo wiring (moldeo de un conector con circuitos), rs (ensamble de las cajas de fusibles para automóviles), uscar (ensamble de componentes, para conectores de diferentes partes del automóvil.), ensamble wiring (ensamble de las terminales en los circuitos premoldeados con los conectores), rf (relevadores de corriente) Tyco 3, (relevadores de corriente) Tyco 1.

Ingeniería de procesos: Su función es básicamente la de organizar el diseño; que es todos los recursos que necesita el proceso para su funcionamiento y la optimización de toda la maquinaria utilizarla a su máxima capacidad, que esta dentro del rubro productivo desempeñado dentro de la empresa.

Recursos humanos: Se encarga del personal productivo, así como de su gestión administrativa.

Finanzas: Es responsable del manejo de los recursos financieros de la compañía, involucrando compras entre otros.

Mantenimiento: Su función es brindar revisión periódica, correctiva a la maquinaria del sistema y a las instalaciones de la empresa.

Capacitación: Ofrece al recurso humano la actualización de los conocimientos necesarios para desempeñar correcta y adecuadamente el trabajo a realizar.

Materiales: Se encarga de la logística en el interior de los bienes y servicios que incorporan al proceso productivo, y en el exterior dirigido a los productos.

Es de vital importancia este departamento por que una de sus funciones principales es la entrada de la materia prima, ya que esta se requiere para el proceso de manufactura del producto, el departamento de materiales es el encargado de las salidas del sistema.

Planeación: Aquí se determinan los objetivos y se eligen los cursos de acción para lograrlos. Realmente es algo sencillo, se tiene en cuenta sus 4 puntos.

- 1.-Establecer la meta o conjunto de metas.
- 2.-Definir la situación actual.
- 3.-Identificar las ayudas y barreras de las metas.
- 4.- Desarrollar un plan o conjunto de acciones para alcanzar la meta.

1.1.2.1 Mapa Sistémico.

En este mapa sistémico el sistema bajo estudio es el Área de ingeniería en sistemas; Planta 1 Tyco Electronics. El objetivo del sistema es la fabricación de piezas por medio de procesos estables.

La planta TYCO 1 “área de moldeo” es un sistema completo, y así mismo como otros sistemas, ella forma parte de un sistema mayor, como a su vez dentro de la misma cuenta con subsistemas, que trabajan en conjunto para lograr metas previamente establecidas.

El suprasistema de TYCO 1 Empalme, se encuentra ubicado en la ciudad de Carolina Del Norte. El funcionamiento correcto de este sistema depende totalmente del sistema mayor al cual pertenece. Las entradas al suprasistema, así como al sistema son las mismas, solo que en el sistema además de los pedidos y las solicitudes, también entra la materia prima.

Para verificar que las actividades dentro del sistema se estén desarrollando correctamente, se tienen algunos indicadores, es muy importante tomar en cuenta las medidas de desempeño ya que ayudarán a cumplir con los requerimientos del cliente en el tiempo acordado.

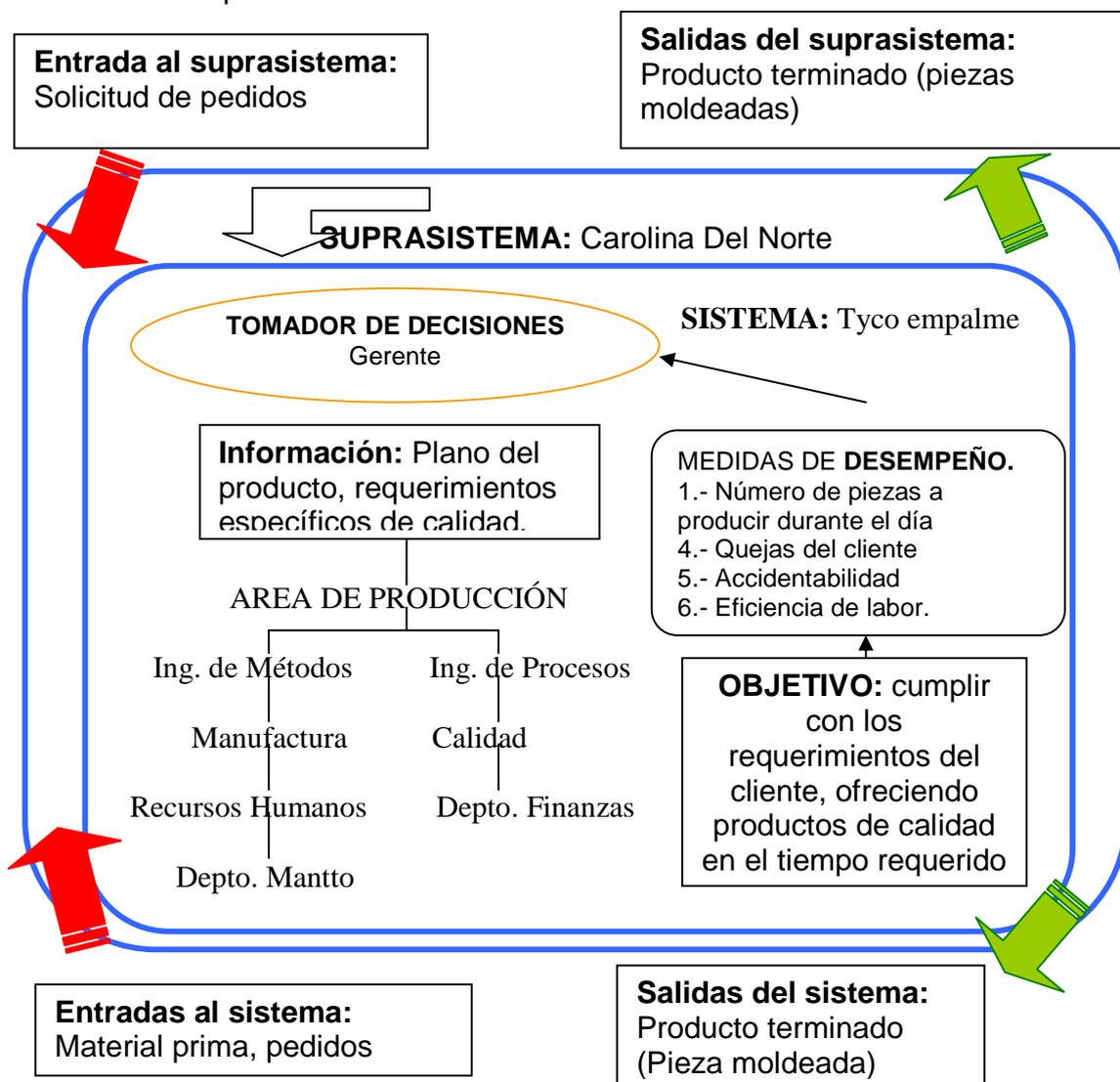


FIGURA 1. Mapa sistémico.

1.1.2.2 Cadena de Valor. Son todos aquellos departamentos, los cuales son necesarios para la elaboración del proceso del moldeo es importante considerar que se implican todos los necesarios antes, durante y después de la fabricación, pero con ello resulta en un aumento en el costo indirecto de la producción. Con esto se entiende que todos los departamentos están interrelacionados y comunicados unos con otros, y para que la producción se lleve a cabo es necesario que cada uno cumpla con una serie de actividades para poder realizarla. Como toda empresa cuenta con una cadena de valor, a continuación se muestra la que está presente en TYCO 1

Como actividades primarias se tienen las que presentan los siguientes departamentos:

1. **Manufactura:** Para que se añada un eslabón en la cadena es necesario contar con actividades comprometidas, entre ellas producir eficientemente, trabajar en conjunto operadores y supervisores, así como cumplir con metas establecidas.
2. **Materiales:** Para que manufactura pueda producir, es muy importante que este departamento reciba el material, lo inspeccione y lo envíe en tiempo y lugar requerido, mantener un inventario bajo, pero suficiente para que producción siempre tenga con que trabajar.

Las actividades secundarias o de soporte las presentan los siguientes departamentos siguiendo íntegramente el ritmo de las anteriores mencionadas.

3. **Calidad:** Realiza muchas actividades, pero entre sus principales está la inspección, crear dispositivos que ayuden a la reducción de defectos y dar el paso para embarcar productos confiables.

4. Recursos humanos: Este es un departamento aquí esencial ya que de sale todo el personal que labora en todos los demás departamentos y áreas de la empresa, sus actividades se concentran en reclutamiento y capacitación.
5. Ingeniería: Se realizan los procesos y metodologías de producción, se estiman metas a alcanzar, y detecta mejoras. Este departamento esta estrechamente relacionado con calidad.
6. Contabilidad y Finanzas: Aquí se lleva a cabo el control de costos implicados durante la producción, se elabora la información financiera y lleva la contabilidad de la empresa.
7. Mantenimiento: La compañía debe funcionar correctamente, y para ellos se necesitan buenas instalaciones, y para ello este departamento es muy importante. Sus actividades principales son, dar mantenimiento a instalaciones y estaciones de trabajo, así como realizar acciones correctivas cuando se requiere.

Todos los departamentos antes mencionados, al trabajar en conjunto generan una mayor eficiencia, pero a su vez traen consigo un costo que es controlado por contabilidad y finanzas, pero cabe mencionar que entre mas eficiente sean , menor será costo implicado (figura 2).

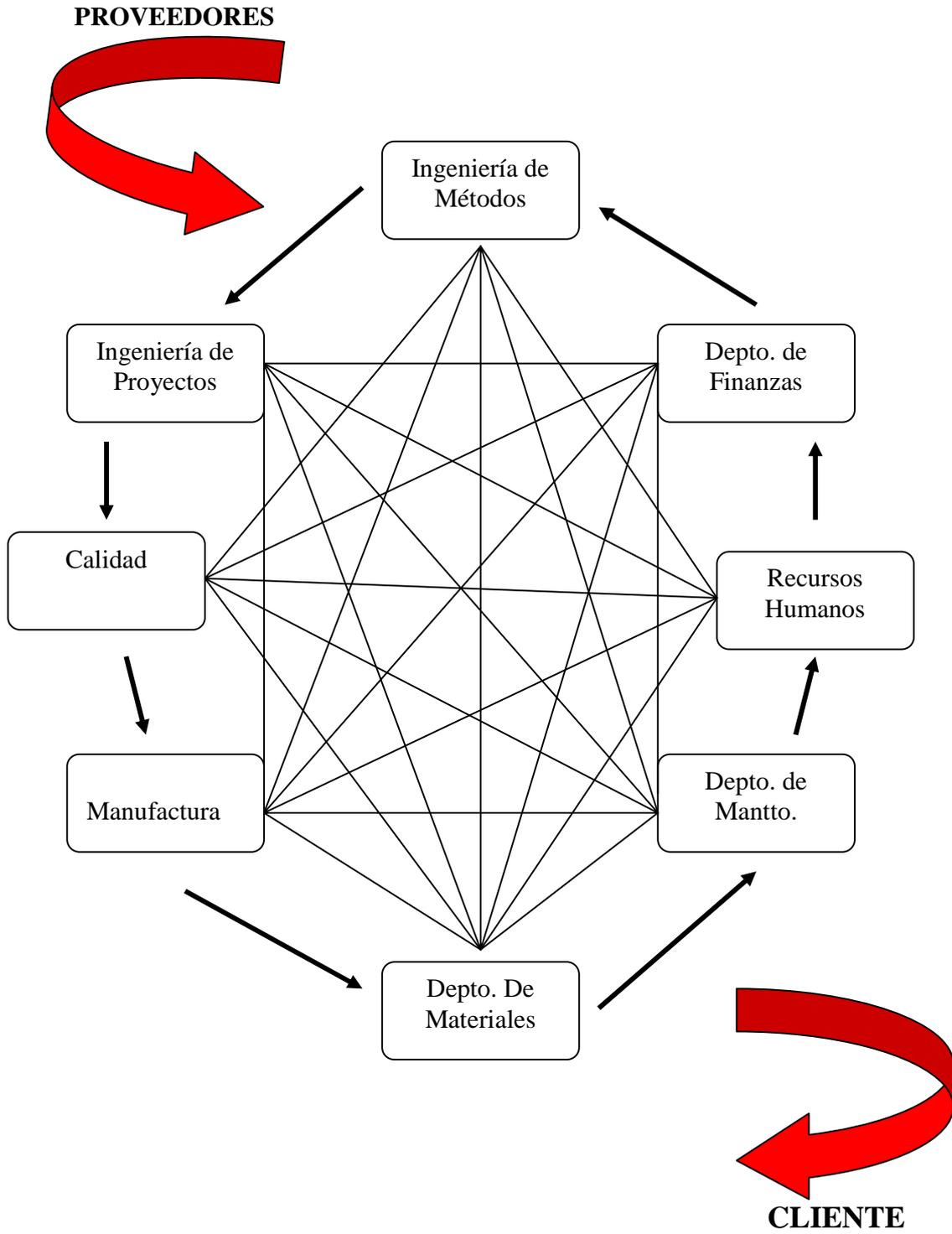


FIGURA 2. Cadena de valor.

Se les brinda mantenimiento a las maquinas al inicio de turno; es un chequeo general de rutina con piezas de validación para cerciorarse de utilizar en buenas condiciones la maquinaria y que no se pase ningún detalle que no este en los requerimientos del cliente.

Después de todo el proceso el material es inspeccionado con calidad, por un operador que esta certificado en el área. En el transcurso del turno el producto es llevado en lotes a almacén, en dónde un encargado del área de calidad da la última revisión al mismo, ellos son los que liberan el producto.

Al final se efectúa el embarque donde el producto se tiene que llevar hasta donde esta el cliente. Una vez hecha la transacción el cliente manda la remuneración a Tyco Electronics donde la empresa, es responsable de pagar todos los bienes y servicios como son el transporte, el material, publicidad, gerencia, almacén y mano de obra. Luego el cliente termina por darle forma al automóvil y lo vende, ya con la demanda del consumidor, es como regresa la nueva orden de producción del cliente.

1.1.3 Descripción de Síntomas.

La empresa actualmente genera retrasos en el cumplimiento de las expectativa de los planes agregados de producción, esto debido a los cambios lentos de molde, por no tener un proceso optimo de trabajo; por lo anterior se deberá analizar detalladamente todos los pasos del proceso de cambio de molde y así se deberá comenzar a medir los resultados y si es viable generar un procedimiento nuevo.

1.2 Planteamiento del Problema.

Se están presentando atrasos en los requerimientos del cliente por un proceso ineficiente en el cambio de molde.

Actualmente la empresa tiene los recursos necesarios para establecer un proceso eficiente al área de moldeo y optimizar el tiempo en el cambio de molde, por esta razón se analizará por medio de este proyecto de investigación.

1.3 Objetivo.

El objetivo es el de realizar una mejora en el procedimiento de cambio de molde, con esto se pretende reducir el tiempo de cambio de molde en un 30%, ya que esto aumentaría la productividad del área de moldeo, generando así mayor ganancia. Por lo anterior en los diferentes departamentos involucrados aumentarán considerablemente la productividad del área de moldeo, llevando con esto la mejora continua de los procesos, disminuyendo los atrasos, así como también la insatisfacción de los diferentes clientes. Se realizará una reestructuración adecuada del área de trabajo como del equipo, este último si es necesario, pretendiendo que sea al menor costo posible, más seguro y satisfactorio para realizar el proceso de cambio de molde, pensando en el aprovechamiento de todos los recursos, en el beneficio de la propia empresa.

1.4 Justificación.

La mejora que presenta este nuevo proyecto será, que el flujo de la producción se incrementará; la presentación, el desempeño desarrollaran un cambio notable, y la organización de este nuevo procedimiento se verá reflejada en su alrededor al tener un procedimiento óptimo, los empleados se comprometerán más, por ser factible, en

su rendimiento laboral. Este proyecto es útil para administrar además de hacer el buen uso de los recursos con que la empresa cuenta, por eso, hará una investigación aplicada en este contexto de ingeniería. Se minimizarán tiempos, espacio y costos. Una buena aplicación de este cambio de proceso es importante porque evitará retrasos de producción y financieros, contribuyendo a un mejoramiento continuo en los procesos en esta empresa manufacturera automotriz.

1.5 Limitaciones y Delimitaciones.

Se requiere tener conocimiento del proceso de MOLDEO POR INYECCIÓN, distribución de planta, también el análisis de tiempos y movimientos. Para poder detectar las áreas de oportunidad en la que se pueda trabajar para el óptimo desempeño del proceso de cambio de molde. Además de que se necesita tener conocimientos básicos del software office, para procesar y analizar la información recavada. Por lo cual se está retroalimentando, capacitando a todos los involucrados en el proyecto sobre las necesidades ya mencionadas.

Se debe trabajar en un breve período de tiempo en el análisis de los procesos que interactúan directamente con el cambio de molde, esto es debido al período de tiempo en que se tienen que presentar resultados de este proyecto, muy probablemente este proyecto solo genere información de los estudios realizados y del análisis de las mejoras, y no necesariamente de la recolección de datos en la práctica, por medio del control de registros.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 ¿Qué es Moldeo?

Se denomina fundición al proceso de fabricación de piezas, comúnmente metálicas pero también de plástico, consistente en fundir un material e introducirlo en una cavidad, llamada molde, donde se solidifica.

El proceso tradicional es la fundición en arena, por ser ésta un material refractario muy abundante en la naturaleza y que, mezclada con arcilla, adquiere cohesión y moldeabilidad sin perder la permeabilidad que posibilita evacuar los gases del molde al tiempo que se vierte el metal fundido.

2.1.1 Etapas del proceso.

El modelo es la pieza que se pretende reproducir, pero con algunas modificaciones derivadas de la naturaleza del proceso de fundición:

Debe ser ligeramente más grande que la pieza final, ya que se debe tener en cuenta la contracción de la misma una vez se haya enfriado a temperatura ambiente. El porcentaje de reducción depende del material empleado para la fundición.

A esta dimensión se debe dar una sobre medida en los casos en el que se dé un proceso adicional de maquinado o acabado por arranque de viruta.

Las superficies del modelo deberán respetar unos ángulos mínimos con la dirección de desmoldeo (la dirección en la que se extraerá el modelo), con objeto de no dañar el molde de arena durante su extracción. Este ángulo se denomina ángulo de salida. Se recomiendan ángulos entre 0.5° y 2° .

Incluir todos los canales de alimentación necesarios para el llenado del molde con el metal fundido.

Si es necesario incluirá portadas, que son prolongaciones que sirven para la colocación del macho.

2.1.2 Fabricación del modelo.

En lo que atañe a los materiales empleados para la construcción del modelo, se puede emplear desde madera o plásticos como el uretano hasta metales como el aluminio o el hierro fundido.

Usualmente se fabrican dos semi-modelos correspondientes a sendas partes del molde que es necesario fabricar.

Compactación de la arena alrededor del modelo. Para ello primeramente se coloca cada semi-modelo en una tabla, dando lugar a las llamadas tablas modelo, que garantizan que posteriormente ambas partes del molde encajarán perfectamente.

Actualmente se realiza el llamado moldeo mecánico, consistente en la compactación de la arena por medios automáticos, generalmente mediante pistones (uno o varios) hidráulica o neumática.

Colocación del macho. Si la pieza que se quiere fabricar es hueca, será necesario disponer machos que eviten que el metal fundido rellene dichas oquedades. Los machos se elaboran con arenas especiales debido a que deben ser más resistentes que el molde, ya que es necesario manipularlos para su colocación en el molde. Una vez colocado, se juntan ambas caras del molde y se sujetan.

Colada. Vertido del material fundido.

Vertido del material fundido, Enfriamiento y solidificación. Esta etapa es crítica de todo el proceso, ya que un enfriamiento excesivamente rápido puede provocar tensiones mecánicas en la pieza, e incluso la aparición de grietas, mientras que si es demasiado lento disminuye la productividad.

Desmoldeo. Rotura del molde y extracción de la pieza. En el desmoldeo también debe retirarse la arena del macho. Toda esta arena se recicla para la construcción de nuevos moldes.

2.2 Tipos de Moldeo.

Moldeo en arena verde. Consiste en la elaboración del molde con arena húmeda y colada directa del metal fundido. Es el método más empleado en la actualidad, con todo tipo de metales, y para piezas de tamaño pequeño y medio.

No es adecuado para piezas grandes o de geometrías complejas, ni para obtener buenos acabados superficiales o tolerancias reducida.

Moldeo en arena con componentes químicos. Consiste en la elaboración del molde con arena preparada con una mezcla de resinas, el fraguado de estas resinas puede ser por un tercer componente líquido. De este modo se incrementa la rigidez del molde, lo que permite fundir piezas de mayor tamaño y mejor acabado superficial.

Moldeo en arena seca. Antes de la colada, el molde se seca a elevada temperatura (entre 200 y 300°C). De este modo se incrementa la rigidez del molde, lo que permite fundir piezas de mayor tamaño, geometrías más complejas y con mayor precisión dimensional y mejor acabado superficial.

Moldeo mecánico. Consiste en la automatización del moldeo en arena verde. La generación del molde mediante prensas mecánicas o hidráulicas, permite obtener moldes densos y resistentes que subsanan las deficiencias del moldeo tradicional en arena verde.

Moldeo a la cera perdida o micro fusión. En este caso, el modelo se fabrica en cera o plástico. Una vez obtenido, se recubre de una serie de dos capas, la primera de un material que garantice un buen acabado superficial, y la segunda de un material refractario que proporcione rigidez al conjunto.

Una vez que se ha completado el molde, se calienta para endurecer el recubrimiento y derretir la cera o el plástico para extraerla del molde en el que se verterá posteriormente el metal fundido.

Este método tiene dos ventajas principales, la ausencia de machos y de superficies de junta, con lo que se logran fieles reproducciones del modelo original sin defectos superficiales (líneas de junta y rebabas).

2.3 Moldeo por Inyección.

En ingeniería, el moldeo por inyección es un proceso semi-continuo que consiste en inyectar un polímero en estado fundido (o ahulado) en un molde cerrado a presión y frío, a través de un orificio pequeño llamado compuerta. En ese molde el material se solidifica, comenzando a cristalizar en polímeros semi-cristalinos.

La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada.

El moldeo por inyección es una técnica muy popular en la industria, para la fabricación de artículos muy diferentes. Sólo en los Estados Unidos, la industria del plástico ha crecido a una tasa de 12% anual durante los últimos 25 años, y el principal proceso de transformación de plástico es el moldeo por inyección, seguido del de extrusión. Un ejemplo de productos fabricados por esta técnica son componentes de automóviles, componentes para aviones y naves espaciales.

Los polímeros han logrado sustituir otros materiales como son madera, metales, fibras naturales, cerámicas y hasta piedras preciosas; el moldeo por inyección es un proceso ambientalmente más favorable comparado con la fabricación de papel, la tala de árboles o cromados. Ya que no contamina el ambiente de forma directa, no emite gases ni desechos acuosos, con bajos niveles de ruido. Sin embargo, no todos los plásticos pueden ser reciclados y algunos susceptibles de ser reciclados son depositados en el ambiente, causando daños al medio ambiente.

La popularidad de este método se explica con la versatilidad de piezas que pueden fabricarse, la rapidez de fabricación, el diseño escalable desde procesos de prototipos rápidos, altos niveles de producción y bajos costos, alta o baja automatización según el costo de la pieza, geometrías muy complicadas que serían imposibles por otras técnicas, las piezas moldeadas requieren muy poco o nulo acabado pues son terminadas con la rugosidad de superficie deseada, color y transparencia u opacidad, buena tolerancia dimensional de piezas moldeadas con o sin insertos y con diferentes colores.

El diseño actual de la máquina de moldeo por inyección (ver anexo 1) ha sido influido por la demanda de productos con diferentes características geométricas, con diferentes polímeros involucrados y colores. Además, su diseño se ha modificado de

manera que las piezas moldeadas tengan un menor costo de producción, lo cual exige rapidez de inyección, bajas temperaturas, y un ciclo de moldeo corto y preciso.

John Hyatt registró en 1872 la primera patente de una máquina de inyección, la cual consistía en un pistón que contenía en la cámara derivados celulósicos fundidos. Sin embargo, se atribuye a la compañía alemana Cellon-Werkw el haber sido pionera de la máquina de inyección moderna.

El primer artículo de producción masiva en Inglaterra fue la pluma fuente, producida durante los años treinta por la compañía Mentmore Manufacturing. La misma utilizaba máquinas de moldeo por inyección de (Alemania). Estas máquinas funcionaban originalmente con aire comprimido; el sistema de apertura de molde y la extracción de la pieza eran realizados manualmente, y los controles incluían válvulas manuales, sin control automático ni pantallas digitales; además, carecían de sistemas de seguridad.

En 1932 apareció la primera máquina para inyección operada con sistemas eléctricos, desarrollada por la compañía Eckert & Ziegler. Al mismo tiempo, otros países como Suiza e Italia empezaban a conseguir importantes avances en maquinaria. Ya a finales de los años treinta, el polietileno y el PVC —ambos, de alta producción y bajo costo— provocaron una revolución en el desarrollo de la maquinaria, teniendo el PVC mayor éxito como material para extrusión.

En 1951 se desarrolló en Estados Unidos la primera máquina de inyección con un tornillo (o, simplemente, husillo), aunque no fue patentada hasta 1956. Este cambio ha sido la aportación más importante en la historia de las máquinas inyectoras. Al finalizar la segunda guerra mundial, la industria de la inyección de plástico experimentó un crecimiento comercial sostenido. Sin embargo, a partir de la década de los ochenta, las mejoras se han enfocado a la eficiencia del diseño, del flujo del polímero, el uso de sistemas de software CAD, inclusión de robots más rápidos para

extracción de piezas, inyección asistida por computadora, eficacia en el control de calentamiento y mejoras en el control de la calidad del producto.

2.4 El Principio de Moldeo por Inyección.

El moldeo por inyección es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más utilizadas actualmente, ya que representa un modo relativamente simple de fabricar 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 o varias cavidades, cuya forma y tamaño son idénticos a las de la pieza que se desea obtener. La cavidad se llena con plástico fundido que es la materia prima, el cual se solidifica, manteniendo la forma moldeada.

Los polímeros conservan su forma tridimensional cuando son enfriados.

2.5 Máquina de Moldeo por Inyección.

Las partes más importantes de la máquina son:

a) Unidad de inyección. (Ver anexo 3)

La función principal de la unidad de inyección es la de fundir, mezclar e inyectar el polímero. Para lograr esto se utilizan husillos de diferentes características según el polímero que se desea fundir. El estudio del proceso de fusión de un polímero en la unidad de inyección debe considerar tres condiciones termodinámicas:

1. La temperatura de procesamiento del polímero.
2. La capacidad calorífica del polímero.

3. El calor latente de fusión.

El proceso de fusión involucra un incremento en el calor del polímero, que resulta del aumento de temperatura y de la fricción entre el barril y el husillo. La fricción y esfuerzos cortantes son básicos para una fusión eficiente, dado que los polímeros no son buenos conductores de calor. Un incremento en temperatura disminuye la viscosidad del polímero fundido; lo mismo sucede al incrementar la velocidad de corte. Por ello ambos parámetros deben ser ajustados durante el proceso. Existen, además, metales estándares para cada polímero con el fin de evitar la corrosión o degradación. Con algunas excepciones —como el PVC—, la mayoría de los plásticos pueden utilizarse en las mismas máquinas.

La unidad de inyección es en origen una máquina de extrusión con un solo husillo, teniendo el barril calentadores y sensores para mantener una temperatura programada constante. La profundidad entre el canal y el husillo disminuye de forma gradual (o drástica, en aplicaciones especiales) desde la zona de alimentación hasta la zona de dosificación. De esta manera, la presión en el barril aumenta gradualmente. El esfuerzo mecánico, de corte y la compresión añaden calor al sistema y funden el polímero más eficientemente que si hubiera únicamente calor, siendo ésta la razón fundamental por la cual se utiliza un husillo y no una autoclave para obtener el fundido.

Una diferencia sustancial con respecto al proceso de extrusión es la existencia de una parte extra llamada cámara de reserva. Es allí donde se acumula el polímero fundido para ser inyectado. Esta cámara actúa como la de un pistón; toda la unidad se comporta como el émbolo que empuja el material. Debido a esto, una parte del husillo termina por sub-utilizarse, por lo que se recomiendan cañones largos para procesos de mezclado eficiente. Tanto en inyección como en extrusión se deben tomar en cuenta las relaciones de PVT (Presión, volumen, temperatura), que ayudan a entender cómo se comporta un polímero al fundir.

b) Unidad de cierre (ver anexo 4)

Es una prensa hidráulica o mecánica, con una fuerza de cierre bastante grande que contrarresta la fuerza ejercida por el polímero fundido al ser inyectado en el molde. Las fuerzas localizadas pueden generar presiones del orden de cientos de MPa (mega pascales), que sólo se encuentran en el planeta de forma natural únicamente en los puntos más profundos del océano.

Si la fuerza de cierre es insuficiente, el material escapará por la unión del molde, causando así que el molde se tienda a abrirse. Es común utilizar el área proyectada de una pieza (área que representa perpendicularmente a la unidad de cierre el total de la cavidad) para determinar la fuerza de cierre requerida, excluyendo posibles huecos o agujeros de la pieza.

2.6 Molde para Moldeo por Inyección.

El molde (también llamado herramienta) es la parte más importante de la máquina de inyección (ver anexo 2), ya que es el espacio donde se genera la pieza; para producir un producto diferente, simplemente se cambia el molde, al ser una pieza intercambiable que se atornilla en la unidad de cierre. Las partes del molde son:

Cavidad: es el volumen en el cual la pieza será moldeada.

Canales o ductos: son conductos a través de los cuales el polímero fundido fluye debido a la presión de inyección. El canal de alimentación se llena a través de la boquilla, los siguientes canales son los denominados bebederos y finalmente se encuentra la compuerta.

Canales de enfriamiento: Son canales por los cuales circula refrigerante (el más común agua) para regular la temperatura del molde. Su diseño es complejo y específico para cada pieza y molde, esto en vista de que la refrigeración debe ser lo más homogénea posible en toda la cavidad y en la parte fija como en la parte móvil,

esto con el fin de evitar los efectos de contracción. Cabe destacar que al momento de realizar el diseño de un molde, el sistema de refrigeración es lo último que se debe diseñar.

Barras expulsoras: al abrir el molde, estas barras expulsan la pieza moldeada fuera de la cavidad, pudiendo a veces contar con la ayuda de un robot para realizar esta operación.

Al enfriarse, las partes inyectadas se contraen, siendo su volumen menor que el de la cavidad.

2.7 Parámetros más Importantes del Moldeo por Inyección.

Los parámetros más importantes para un proceso de inyección son los siguientes.

a) Ciclo de moldeo.

En el ciclo de moldeo se distinguen 6 pasos principales (aunque algunos autores llegan a distinguir hasta 9 pasos):

1. Molde cerrado y vacío. La unidad de inyección carga material y se llena de polímero fundido.
2. Se inyecta el polímero abriéndose la válvula y, con el husillo que actúa como un pistón, se hace pasar el material a través de la boquilla hacia las cavidades del molde.
3. La presión se mantiene constante para lograr que la pieza tenga las dimensiones adecuadas, pues al enfriarse tiende a contraerse.

4. La presión se elimina. La válvula se cierra y el husillo gira para cargar material; al girar también retrocede.

5. La pieza en el molde termina de enfriarse (este tiempo es el más caro pues es largo e interrumpe el proceso continuo), la prensa libera la presión y el molde se abre; las barras expulsan la parte moldeada fuera de la cavidad.

6. La unidad de cierre vuelve a cerrar el molde y el ciclo puede reiniciarse.

b) Cristalización y deformación de la pieza al enfriarse (contracción).

Debe tenerse en cuenta que la razón de este fenómeno se debe al cambio de densidad del material, que sigue un propio comportamiento fisicoquímico, particular para cada polímero.

Tabla 1a. Contracción en Polímeros.

Termoplástico	Contracción (%)
Acrilonitrilo butadieno estireno	0,4 – 0,8
Poli acetal	0,1 – 2,3
Polimetilmetacrilato (PMMA)	0,2 – 0,7
Acetato de celulosa	0,5
Nylon 6,6	1,4 – 1,6
Policarbonato	0,6
Polietileno de baja densidad	4,0 – 4,5

Tabla 1b. Contracción en Polímeros

Polipropileno	1,3 – 1,6
Poliestireno	0,4 – 0,7
PVC RIGIDO	0,6 – 1,2
PVC plastificado	1,0 – 4,5

2.8 Moldes de Colada Fría y Colada Caliente.

Existen dos tipos de molde. La colada fría es el remanente de polímero solidificado que queda en los canales, y que es necesario cortar de la pieza final. La colada caliente mantiene al polímero en estado fundido para continuar con la inyección. Con esta técnica se ahorra una considerable cantidad de plástico. Pero algunas de las desventajas la convierten en una técnica poco popular: los pigmentos deben tener mayor resistencia a la temperatura, el polímero aumenta su historia térmica, el molde debe ser diseñado especialmente para esto, pueden haber fluctuaciones en el ciclo de moldeo, etc.

Tabla 2a. Defectos, Razones y Soluciones en Partes Moldeadas.

Defecto	Causas posibles	Probables soluciones
Pandeamiento	Enfriamiento demasiado intensivo. Diseño inadecuado de la pieza. Tiempo de enfriamiento muy cortó. Sistema de extracción inapropiado. Esfuerzos en el material.	Incremente el tiempo de enfriamiento dentro del molde. Utilizar un polímero reforzado.

Tabla 2b. Defectos, Razones y Soluciones en Partes Moldeadas.

Flash (sobrante)	Presión de cierre demasiado baja.	Incrementar la presión de la unidad de cierre.
Líneas de flujo	Mala dispersión del concentrado de color o del pigmento. Temperatura demasiado baja.	Cargar el material más lentamente. Incrementar la temperatura del barril. Modificar el perfil de temperaturas.
Puntos negros	Hay carbonizaciones.	Purgar el husillo. Reducir la temperatura de proceso. Limpiar el husillo manualmente.
Piel de naranja	Incompatibilidad del material.	Disminuir la temperatura de proceso. Incrementar la temperatura del molde. Cambiar el concentrado de color.
Parte incompleta	Insuficiente material en la cavidad. Falta de material en la tolva. Cañón demasiado pequeño. Temperatura demasiado baja. Obstrucción de la tolva o de la boquilla. Válvula tapada. Tiempo de sostenimiento demasiado corto. Velocidad de inyección demasiado baja.	Inyectar más material. Cambiar el molde a una máquina de mayor capacidad. Incrementar la temperatura del barril. Incrementar la velocidad de inyección. Modificar el tamaño de los canales del molde.

Tabla 2c. Defectos, Razones y Soluciones en Partes Moldeadas.

Parte con rebabas	Dosificación excesiva. Temperatura de inyección muy alta. Presión de inyección muy alta. Tiempo de inyección muy largo. Temperatura de molde muy alta.	Dosificar menos material. Disminuir la temperatura de inyección. Disminuir la presión. Disminuir el tiempo de inyección. Disminuir la temperatura del molde.
Rechupados y huecos	Presión de inyección demasiado baja. Tiempo de sostenimiento de presión muy cortó. Velocidad de inyección baja. Material sobrecalentado. Humedad. Enfriamiento del molde no uniforme. Canales o compuerta muy pequeños. Mal diseño de la pieza.	Incrementar la presión. Incrementar el tiempo de sostenimiento de presión. Disminuir la temperatura del barril. Incrementar la velocidad de inyección. Abrir el venteo o presequé el material. Modificar los canales de enfriamiento del molde o el flujo del agua. Modificar el molde.
Líneas de unión	Temperatura general muy baja en el molde. Temperatura del fundido no uniforme. Presión de inyección muy baja. Velocidad de inyección muy baja. Insuficiente respiración en la zona de unión de los flujos encontrados. Velocidad de llenado no uniforme.	Incrementar la temperatura. Incrementar la presión. Incrementar la velocidad de inyección. Modificar la respiración del material en el molde. Modificar la compuerta para uniformar el flujo.

Tabla 2d. Defectos, Razones y Soluciones en Partes Moldeadas.

Degradación por aire atrapado	Humedad. Degradación de aditivos. Temperatura demasiado alta. Respiración del molde insuficiente.	Secar el material. Disminuir la temperatura. Modificar la respiración del molde.
Delaminación de capas	Temperatura demasiado baja. Velocidad de inyección demasiado baja. Baja contrapresión de la máquina. Temperatura del molde muy baja.	Incrementar la temperatura. Incrementar la velocidad de inyección. Incrementar la contrapresión de la máquina.
Fracturas o grietas en la superficie	Temperatura del molde demasiado baja. Sistema de eyección demasiado agresivo o inadecuado. Empacado excesivo.	Incrementar la temperatura. Modificar las barras eyectoras. Utilice un robot para extraer la pieza. Disminuir la presión de sostenimiento.
Marcas de las barras eyectoras	Tiempo de enfriamiento muy cortó. Temperatura del molde alta. Temperatura del polímero demasiado alta. Rapidez de eyección demasiado alta. Localización inadecuada de las barras eyectoras.	Incrementar el tiempo de enfriamiento. Disminuir la temperatura del fundido. Disminuir la rapidez de eyección. Modificar la ubicación de las barra eyectoras.
Quemado de la pieza	Quemado por efecto de jet.	Disminuya la velocidad de inyección.
El color es más oscuro	La temperatura es demasiado alta.	Disminuir la temperatura.

2.9 Moldeadoras de Rodillera y de Presión Hidráulica.

El tipo de cierre por rodillera es muy simple. Las palancas logran desplazamientos del molde muy rápidos y dan un estiramiento de las columnas logrando de esta manera el tonelaje de cierre deseado. Midiendo el alargamiento de las columnas (entre 50 y 70 milésimas de pulgada) logramos calcular con precisión el tonelaje aplicado al molde. Es muy riesgoso el retirar una columna para lograr meter un molde de gran dimensión. Solo personal calificado debe hacer este movimiento por lo que se sugiere evitar al máximo el mover las columnas a fin de evitar daños en el molde y a las columnas. Existe un alto riesgo de romper una columna y el de perder el paralelismo con la consecuencia de rebaba en el producto final.

El tipo hidráulico tiene la bondad de que la fuerza de cierre puede leerse directamente del manómetro. Su velocidad al ser muy alta requiere de mayor consumo de energía. Esto las esta poniendo en desventaja en un mundo competido y de ahorro de recursos.

Existen otras combinaciones de cierre pero las aquí presentadas son las más comunes. No olviden que cualquier sistema debe de proteger al molde. Estos deben cerrar con baja presión a fin de no dañar el molde. Haga la prueba de la colada. Esta debe ser aplastada pero sin deformarla. Si no aplasta la colada usted debe estar tranquilo de que no se dañará su molde.

El motor hidráulico es el que nos ayuda a mover al husillo durante la recarga de material. La velocidad se mide en vueltas por minuto mejor conocido como RPM. (revoluciones por minuto) Este sólo gira para cargar y no al momento de la inyección.

El motor hidráulico al hacer girar al husillo, aporta mucho calor al plástico por fricción. No olvide esto porque le será de utilidad durante el moldeo.

2.10 Diagrama de Ishikawa.

Diagrama de causa efecto o de espina de pez ideado por el ingeniero Ishikawa

El Diagrama de Ishikawa, también llamado diagrama de causa-efecto, es una de las diversas herramientas surgidas a lo largo del siglo XX en ámbitos de la industria y posteriormente en el de los servicios, para facilitar el análisis de problemas y sus soluciones en esferas como es la calidad de los procesos, los productos y servicios. Fue concebido por el ingeniero japonés Dr. kaoru Ishikawa en el año1953. Se trata de un diagrama que por su estructura ha venido a llamarse también: diagrama de espina de pescado, que consiste en una representación gráfica sencilla en la que puede verse de manera relacional una especie de espina central, que es una línea en el plano horizontal, representando el problema a analizar, que se escribe a su derecha.

El problema analizado puede provenir de diversos ámbitos como la salud, calidad de productos y servicios, fenómenos sociales, organización, etc. A este eje horizontal van llegando líneas oblicuas -como las espinas de un pez- que representan las causas valoradas como tales por las personas participantes en el análisis del problema. A su vez, cada una de estas líneas que representa una posible causa, recibe otras líneas perpendiculares que representan las causas secundarias. Cada grupo formado por una posible causa primaria y las causas secundarias que se le relacionan forman un grupo de causas con naturaleza común. Este tipo de herramienta permite un análisis participativo mediante grupos de mejora o grupos de análisis, que mediante técnicas como por ejemplo la lluvia de ideas, sesiones de creatividad, y otras, facilita un resultado óptimo en el entendimiento de las causas que originan un problema, con lo que puede ser posible la solución del mismo.

La primera parte de este Diagrama muestra todos aquellos posibles factores que puedan estar originando alguno de los problemas que tenemos, la segunda fase luego de la tormenta de ideas es la ponderación o valoración de estos factores a fin de centralizarse específicamente sobre los problemas principales, esta ponderación

puede realizarse ya sea por la experiencia de quienes participan o por investigaciones in situ que sustenten el valor asignado.

2.11 Estudio de Tiempos y Movimientos.

El estudio de tiempos y movimientos es una herramienta para la medición de trabajo utilizado con éxito desde finales del Siglo XIX, cuando fue desarrollada por Taylor. A través de los años dichos estudios han ayudado a solucionar multitud de problemas de producción y a reducir costos.

Estudio de Tiempos. Actividad que implica la técnica de establecer un estándar de tiempo permisible para realizar una tarea determinada, con base en la medición del contenido del trabajo del método prescrito, con la debida consideración de la fatiga y las demoras personales y los retrasos inevitables.

Estudio de Movimientos. Análisis cuidadoso de los diversos movimientos que efectúa el cuerpo al ejecutar un trabajo.

Objetivos. Minimizar el tiempo requerido para la ejecución de trabajos Conservar los recursos y minimizan los costos. Efectuar la producción sin perder de vista la disponibilidad de energéticos o de la energía. Proporcionar un producto que es cada vez más confiable y de alta calidad del estudio de movimientos eliminar o reducir los movimientos ineficientes y acelerar los eficientes.

2.12 Encuesta.

Hoy en día la palabra "encuesta" se usa más frecuentemente para describir un método de obtener información de una muestra de individuos. Esta "muestra" es usualmente sólo una fracción de la población bajo estudio.

Por ejemplo, antes de una elección, una muestra de electores es interrogada para determinar cómo los candidatos y los asuntos son percibidos por el público, un fabricante hace una encuesta al mercado potencial antes de introducir un nuevo producto una entidad del gobierno comisiona una encuesta para obtener información para evaluar legislación existente o para preparar y proponer nueva legislación.

Aún así, todas las encuestas tienen algunas características en común.

A diferencia de un censo, donde todos los miembros de la población son estudiados, las encuestas recogen información de una porción de la población de interés, dependiendo el tamaño de la muestra en el propósito del estudio. En una encuesta bona fide, la muestra no es seleccionada caprichosamente o sólo de personas que se ofrecen como voluntarios para participar. La muestra es seleccionada científicamente de manera que cada persona en la población tenga una oportunidad medible de ser seleccionada. De esta manera los resultados pueden ser proyectados con seguridad de la muestra a la población mayor. La información es recogida usando procedimientos estandarizados de manera que a cada individuo se le hacen las mismas preguntas en mas o menos la misma manera. La intención de la encuesta no es describir los individuos particulares quienes, por azar, son parte de la muestra sino obtener un perfil compuesto de la población.

Una "encuesta" recoge información de una "muestra." Una "muestra" es usualmente sólo una porción de la población bajo estudio.

El estándar de la industria para todas las organizaciones respetables que hacen encuestas es que los participantes individuales nunca puedan ser identificados al reportar los hallazgos. Todos los resultados de la encuesta deben presentarse en resúmenes completamente anónimos, tal como tablas y gráficas estadísticas.

CAPITULO III

MÉTODO

El escenario donde se realizó el presente estudio fue en la empresa Tyco Electronics, la cual es del giro automotriz, ubicada en el parque industrial Bella Vista de Empalme Sonora; donde el sujeto bajo estudio es el área de moldeo de componentes y lo que se espera con los resultados obtenidos es obtener una propuesta que logre el mejoramiento sobre la reducción de tiempo en el cambio de herramienta (molde), logrando así la optimización de los recursos.

3.1 Sujeto Bajo Estudio.

El sujeto participante en esta investigación, es el área de moldeo de componentes, enfocado al cambio de molde en una máquina de moldeo específicamente la número 90100 de la marca Roboshot, ya que el principio de este proceso aplica para cada una de las maquinas de inyección de plástico que se encuentran en el área; involucra la interrelación de todos los departamentos (seguridad, mantenimiento, producción, ingeniería, manufactura, calidad), maquinaria (maquinas moldeadoras de inyección de plástico, periféricos auxiliares de aire y agua) y recursos necesarios para el funcionamiento del área de moldeo componentes.

3.2 Materiales.

Para la realización del presente trabajo de investigación será necesario utilizar las herramientas de recolección de información como lo es el diagrama de Ishikawa del doctor japonés Kaoru Ishikawa, será necesario el estudio de tiempos y movimientos que desarrollo Sr. Taylor, así como la aplicación de encuestas a todo el personal involucrado en el proceso de cambio de molde.

También se hará uso de herramientas como cronómetros, un equipo de video filmación así como un equipo de cómputo para procesar la información obtenida.

3.3 Procedimiento.

La aplicación de los materiales sobre el área de moldeo componentes y en particular al cambio de molde en una máquina de moldeo de inyección de plástico se realizará de la siguiente forma:

3.3.1 Diagrama de Ishikawa.

- 1.- Primero se tomará el problema en cuestión que es el de reducir el tiempo de cambio de molde.
- 2.- Se enlistarán las posibles causas del problema, tomando en cuenta maquinaria, mano de obra, materiales y el método.
- 3.- Se procederá a generar una acción correctiva para cada una de las causas del problema en cuestión.

A continuación se muestra el diagrama causa – efecto o diagrama de Ishikawa, que analiza los elementos que definen el tiempo en el cambio de molde.

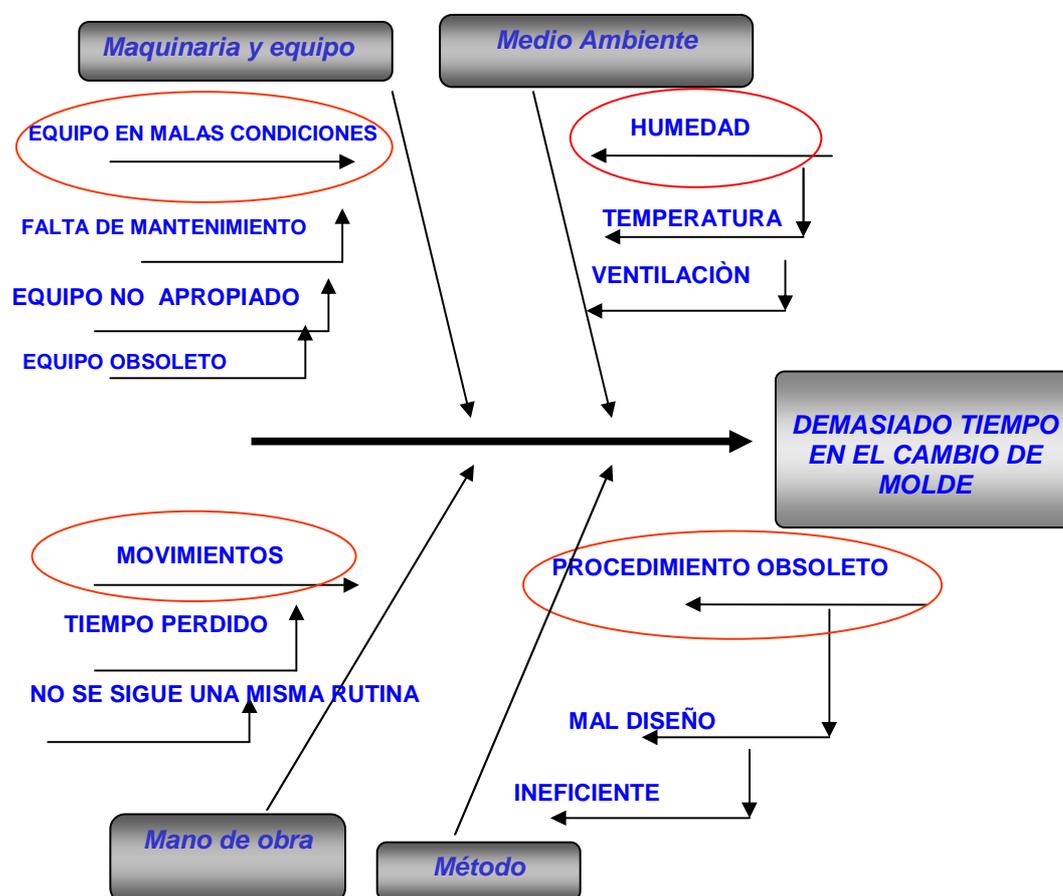


FIGURA 3. Diagrama causa – efecto, del tiempo de cambio de molde.

3.3.2 Estudio de Tiempos y Movimientos.

- 1.- Mediante un equipo de video filmación, generar un video de todo el proceso de cambio de molde.
- 2.- Analizar el video, detectar las áreas de oportunidad en movimientos de procesos innecesarios o repetitivos.

3.- Seccionar el video en partes y obtener el tiempo real del proceso de cambio de molde.

4.- Se eliminarán todos los movimientos innecesarios o repetitivos y se optimizarán los movimientos.

3.3.3 Encuestas.

1.- Generar un cuestionario objetivo del proceso de cambio de molde así como un espacio de sugerencias o cambios.

2.- Aplicar el cuestionario a cada uno de los involucrados en el proceso de cambio de molde.

3.- Recolectar la información en una base de datos y analizar cada una de las respuestas así como la factibilidad de los cambios o sugerencias.

4.- En base a la información recaudada se dará respuesta a cada una de las necesidades de los diferentes involucrados en el proceso de cambio de molde y a las sugerencias factibles, para mejorar el proceso.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

Después de haber aplicado los instrumentos de evaluación a los elementos participantes en proceso de cambio de molde, en el área de moldeo componentes, en la empresa Tyco Electronics; se obtuvieron los siguientes resultados que a continuación se describen en este capítulo:

Aquí se muestran las mejoras realizadas de acuerdo con encuestas aplicadas y al estudio de tiempos y movimientos; a cada uno de los involucrados en proceso de cambio de molde.

En lo que se refiere al Técnico de moldeo, la información obtenida nos indica que cada uno de los técnicos no sigue un mismo patrón en sus movimientos y actividades en cuanto al cambio de molde además, analizando los resultados del diagrama de Ishikawa, nos indica que cada uno de los movimientos se puede complementar con otro movimiento paralelo optimizando así el tiempo; y considerando que el cambio de materia prima (resina virgen), es complemento del cambio de molde para la fabricación de un nuevo producto, se llegó a la elaboración de un nuevo procedimiento para cada uno de estos procesos con lo que se pretende obtener un tiempo estándar de 1.5 hrs. por cada cambio de molde que a continuación se detallan:

4.1 Movimientos Previos al Inicio de Cambio de Molde.

Procedimiento para el técnico de moldeo.

- 1.- Colocar grúa lo más próximo que se pueda del molde a bajar.
- 2.- Colocar eslingas (correas para levantar el molde) y armellas (tornillos especiales con ganchos, para levantar moldes.) a la grúa. (Ver anexo 7).
- 3.- Colocar la tubería para la circulación de agua en el molde que se pueda, antes de subirlo a la maquina moldeadora.
- 4.- Tener numero y tamaño adecuado de clamps (dispositivo para sujetar el molde, en la maquina moldeadora), tornillos para los clamps, arandelas para los tornillos y barras expulsoras.
- 5.- Contar con 2 torquímetros (herramienta que se utiliza para ajustar los tornillos).
- 6.- Hacer cambio de resina al dryer (secador de la resina virgen) antes de que pare la maquina moldeadora.
- 7.- Retirar Scrap (piezas defectuosas) y resina de número de parte anterior.
- 8.- Purgar (quitar la circulación de agua) el molde justo antes de parar el proceso actual, si las condiciones de la maquina moldeadora lo permiten.
- 9.- Verificar si es necesario enfriar el molde antes de bajarlo, dependiendo si se le realizará un proceso posterior; como mantenimiento preventivo o correctivo, o si se manda directamente a su locación no es necesario enfriarlo.

Procedimiento para el repartidor de resinas.

1.- Cuando se pare la maquina técnico de moldeo le indicara que ya puede abrir la puerta para retirar el material de la tolva (contenedor de resina en la máquina moldeadora).

2.- Se dará limpieza y se abastecerá de polipropileno, para el purgado (extracción de resina fundida del barril o unidad de inyección.).

Todos estos movimientos previos son de gran ayuda, ya que permitirán tener todas las herramientas necesarias, para iniciar el proceso de cambio de molde.

Tabla 3a. Procedimiento de Movimientos Paralelos para Técnicos de Moldeo en el Proceso de Cambio de Molde.

	ACTIVIDADES DEL TÉCNICO DE SOPORTE.	ACTIVIDADES DEL DE TÉCNICO PROCESOS.
1	Cuando se de la orden de paro purgar agua del molde.	Aplicar mold saber (protector de molde) y cerrar molde.
2	Colocarse en lado no operador y retirar robot (si aplica).	Meter hoja de set up (programar maquina moldeadora para el nuevo producto), en especial temperaturas y purgar barril (unidad de inyección) con polipropileno.
3	Espera de señal de técnico de procesos.	Colocar grúa y tensarla.
4	Retirar mangueras de circulación de agua en el molde y clamps (seguros del molde que lo sostienen a la maquina moldeadora)	Retirar mangueras de circulación de agua en el molde y clamps.

Tabla 3b. Procedimiento de Movimientos Paralelos para Técnicos de Moldeo en el Proceso de Cambio de Molde.

5	Verificar tipo de barras expulsora de piezas (roscadas o de golpe) y destornillar en caso de ser roscadas	Espera de señal para retirar molde de la maquina moldeadora.
6	Cambiar barras si aplica.	Abrir prensa de maquina moldeadora y retirar molde.
7	Espera de entrada de molde a la maquina moldeadora.	Descargar molde en charola o carro de transporte de moldes.
8	Soporte de colocación.	Anclar molde a subir y colocarlo en el interior de la maquina moldeadora, cuando técnico de soporte haya terminado de cambiar barras expulsoras.
9	Centrar y nivelar molde en maquina moldeadora.	Centrar y nivelar molde en maquina moldeadora.
10	Colocar clamps.	Colocar clamps.
11	Colocar mangueras de circulación de agua en el molde, según diagrama.	Colocar mangueras de circulación de agua en molde según diagrama.
12	Colocar robot en posición (si aplica).	Abrir a la circulación de agua y ajustar temperaturas del barril como lo indique la carta de procesos del nuevo producto.

Tabla 3c. Procedimiento de Movimientos Paralelos para Técnicos de Moldeo en el Proceso de Cambio de Molde.

13	Retirar molde descargado a donde indique supervisor.	Purgar barril hasta desplazar purgante (polipropileno).
14		Aplicar desmoldante e inicia proceso sin hold (tiempo de sostenimiento de la presión de inyección) y pack (presión de empaque en la inyección del plástico fundido). Revisar que el peso de la pieza se encuentre entre el 95 y 99 % del peso total de acuerdo a hoja de parámetros y registrarlo.
15		Introducir hold y pack como lo indica la carta.
16		Verificar pieza visualmente y de acuerdo al plan de inspección de calidad y hacer entrega al personal de calidad para su liberación.

Este procedimiento utilizando a el técnico de soporte y a el técnico de procesos; permite optimizar en mayor medida los tiempos ya que la gran mayoría de los movimientos son totalmente independientes lo que permite dar cabida a generar este nuevo documento del proceso de cambio de molde.

4.2 Procedimiento para el Cambio de Resina en una Maquina Moldeadora.

El cambio de resina de una máquina moldeadora (ver anexo 1) consiste en extraer la resina de la tolva (ver anexo 5 y 6.), con la que se encuentra procesando el producto

actual, en la máquina moldeadora y colocar la resina nueva con la que se producirá el producto nuevo.

Instrucciones de cambio de resina de una máquina moldeadora.

1.- Trasladar carro de herramientas a la maquina en la cual se realizara el cambio revisar que cuente con etiquetas, filtros, manguera de aire, aspiradora, cinta, etc.

2.- Descargar el material a utilizar del área de presecado (si aplica) a un contenedor blanco limpio y trasladar a área de cambio.

3.- Apagar aspiradora de maquina y secador para iniciar el cambio.

4.- Colocar contenedor debajo del secador para retirar resina.

5.- Abrir compuerta de descarga y trasladar resina al contenedor de carga

6.- Retirar filtro y aspirarlo. Iniciar limpieza de arriba hacia abajo con la compuerta de descarga abierta y el contenedor de descarga en su lugar.

7.- Inspeccionar área de filtros, interior de tolvas y tubería para descartar cualquier pellet (grano de resina) de la producción anterior.

8.- Colocar filtro y cerrar compuertas.

9.- Retirar contenedor de resina anterior y colocar en su lugar la resina para cambio. Insertar varilla de carga y encender aspiradora del secador.

10.- Ajustar temperatura del secador según especificaciones del material

11.- Esperar orden de paro para proceder a dar limpieza a tolva de maquina.

12.- Identificar contenedor y tolva de maquina con etiqueta de resina

13.- Colocar resina de corrida anterior en área de espera para que materialista le de disposición.

14.- Retirar carro de herramientas.

Al implementar la utilización de un dispositivo como es el presecado de la resina y el carro de herramientas permite reducir el tiempo de cambio de resina, ya que en el están contenidos todos los elementos necesarios como lo son filtros, aspiradora, manguera con pistola de aire, etc.; evitando así que la persona encargada de este proceso pierda tiempo en regresar una o varias veces al almacén de refacciones.

Tabla 4a. Relación de Tiempos Actuales en el Cambio de molde, con los Tiempos que se Esperan Obtener.

Forma para toma de tiempos en cambios

Fecha: 17 DE FEB. DE 09

Operación: CAMBIO DE NÚMERO DE PARTE (configuración)

Maquina: PRENSA 90100

Elaboro. PEDRO VEGA

#	MOVIMIENTOS	TIEMPO CORRIDO	TIEMPO REAL
1	Parar maquina.	0:00	0:00
2	cerrar prensa	0:24	0:24
3	purgar molde y enfriar	0:52	0:28
4	girar robot	1:12	0:20
5	retirar producto anterior	1:21	0:09
6	buscar argollas	1:32	0:11
7	transportar grúa	3:08	1:36

Tabla 4b. Relación de Tiempos Actuales en el Cambio de molde, con los Tiempos que se Esperan Obtener.

8	cambiar bandera en maquina	5:00	1:52
9	terminar de purgar	5:09	0:09
10	apuntar el fin de la producción	5:28	0:19
11	apagar banda y molino	6:16	0:48
12	retirar mangueras	6:34	0:18
13	colocar argollas	6:54	0:20
14	tomar herramienta para quitar candados	7:38	0:44
15	quitar candados	7:51	0:13
16	colocar grúa	8:51	1:00
17	retirar molde	9:52	1:01
18	Transporte y retorno de carro ya que no sirve.	11:31	1:39
19	buscar carro y colocar molde	16:10	4:39
20	Generar orden de cambio de configuración.	18:32	2:22
21	se entrega molde a tool room	20:00	1:28
22	abrir molde	21:40	1:40
23	buscar carpeta	23:32	1:52
24	Buscar en la carpeta que insertos cambian para el cambio de configuración.	26:00	2:28
25	Buscar en la computadora la locación de la caja de insertos.	29:21	3:21
26	ir por la caja de insertos	30:36	1:15
27	desarmar molde	31:47	1:11

Tabla 4c. Relación de Tiempos Actuales en el Cambio de molde, con los Tiempos que se Esperan Obtener.

28	buscar en la caja de insertos los que aplican para el cambio de configuración	34:30	2:43
29	cambio de insertos en el molde	40:53	6:23
30	limpiar y cerrar molde	43:40	2:47
31	llenar la orden de trabajo	48:21	4:41
32	abrir molde, para montar por partes	50:01	1:40
33	montar parte fija	51:47	1:46
34	montar parte móvil	53:36	1:49
35	poner mangueras para circulación de agua	55:28	1:52
35	poner candados en parte fija y en parte móvil	55:47	0:19
37	Quitar la grúa de la máquina.	56:58	1:11
38	Espera de secado de resina	236:58	180:00:00
39	Arranque de maquina	250:00	13:02:00
			250:00

La suma de tiempos de todos los movimientos anteriores, indica el tiempo total del cambio de molde desde que se detiene el proceso actual (máquina moldeadora sin producir), hasta que se inicia el proceso de nuevo (máquina moldeadora produciendo), el cual es de 250 minutos (4.16 hrs.) y si tomamos en cuenta que el costo por hora de producción es de 23 dólares, el costo que representa para la empresa es de 95.68 dólares por cambio de molde. Además considerando que el tiempo promedio es de 6 horas por cambio de molde, la cantidad en dinero aumenta

ya que sería de 138 dólares, el cual podría ser mayor dependiendo de las adversidades que se presentan al no contar con los movimientos previos al cambio de molde y de seguir utilizando un solo técnico para el cambio de molde.

De acuerdo con los resultados que se pretenden obtener, tomando como base los tiempos anteriores, al restar los movimientos que se pueden realizar antes de detener el proceso actual y de contar con un sistema de secado de resina previo al cambio de molde los cuales son los que se encuentran marcados con amarillo en la tabla de movimientos anterior son:

Tabla 5. Movimientos que se Pueden Realizar Antes de Detener el Proceso Actual.

Número del Movimiento	Tiempo en Minutos
6	1:36 Min.
7	4:39 Min.
19	2:22 Min.
20	1:52 Min.
23	2:28 Min.
24	3:21 Min.
25	1:15 Min.
26	2:43 Min.
28	2:43 Min.
38	180 Min.
Total de minutos	196 Min. 45 Seg.

Y que sumándolos son una reducción en tiempo de 196 min. 45 seg. (3.26 hrs.) y en cuanto a la reducción de costos significan un ahorro de 75.13 dólares por cada cambio de molde. Y si se considera que en promedio son 10 cambios de molde en 1 día, al año se obtendrá un ahorro de 274,224.5 dólares.

Con la implementación de estos procedimientos y la participación objetiva del personal involucrado, la reducción del tiempo del cambio de molde será de las 6 hrs., en promedio, que se registra en los procesos actuales a la cantidad de 1.5 hrs. como máximo. Que es una reducción del 75%, estos resultados son obtenidos mediante la suma de los movimientos paralelos de los técnicos de moldeo además de restar los tiempos de preparar las herramientas necesarias, previo al momento de detener el proceso actual, tanto para el cambio de molde como para el cambio de resina en máquina moldeadora.

CONCLUSIONES

En resumen la participación de todo el personal involucrado, deja una gran satisfacción; que es la de poder optimizar y generar mayor rendimiento en las actividades diarias para el área de moldeo de componentes y en la que respecta a la estructuración y realización del presente proyecto, deja una gran enseñanza de como poder aprovechar al máximo los recursos con que se cuenta en un área de producción, estos resultados que se presentan son solo el principio de las mejoras a los procesos de producción ya que esto está en constante evolución, lo que es la mejora continua de todos los procesos, pero en definitiva es un detonante para motivar a futuros investigadores, sobre la reducción de los tiempos a cualquier proceso productivo.

Es importante resaltar que el presente trabajo de investigación y sus herramientas de investigación son aplicables para cualquier proceso productivo; así que solo se tiene que enfocar a las necesidades específicas de futuras investigaciones.

RECOMENDACIONES

Cabe hacer mención que en cualquier proceso productivo, es necesario la plena participación de todo el personal, ya que de esto depende en gran medida el éxito o el fracaso del trabajo de investigación.

Por lo tanto se recomienda que los resultados que arroja el presente trabajo de investigación sean considerados como punto de partida para realizar acciones encaminadas a la reducción de tiempos en procesos productivos.

- 1.- Se recomienda previamente antes de iniciar el proceso de investigación, tener una plática con el personal involucrado directamente y resaltar la importancia que tiene la participación de cada una de ellos.
- 2.- Se recomienda buscar otras metodologías de recopilación de información, si considera que la información que encontró no es apropiada.
- 3.- Se recomienda hacer evaluaciones periódicas durante el transcurso del trabajo de investigación, esto con el fin de ver los alcances y los resultados de las acciones realizadas.
- 4.- Se recomienda contar con un plan de actividades para cada día durante el periodo de la investigación; esto ayudará a ser más eficiente el avance del proyecto.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Bryce, Douglas M. *Plastic injection molding: manufacturing process fundamentals*. Dearborn: Society of Manufacturing Engineers, 1996. ISBN 0-87263-472-8

Frenkler, D.; Zawistowski, H. *Hot Runners in Injection Moulds*. Shawbury, Shrewsbury, Shropshire: Rapra Technology, 2001, 1ª ed. ISBN 1-85957-208-1.

Rees, Herbert. *Understanding Injection Molding Technology*. Múnich: Hanser Gardner, 1994. ISBN 1-56990-130-9

Sánchez Valdés, Saúl; Rodríguez Fernández, Oliverio S.; Yáñez Flores, Isaura G. *Moldeo por inyección de termoplásticos*. México: Limusa, 2003. ISBN 968-18-5581-7

GLOSARIO

Angulo de salida: Es el ángulo que se necesita en un molde para que la pieza moldeada salga libremente.

Canal de alimentación: Es el canal por donde la materia prima fundida entra al interior del molde.

Desbarbado: Es el proceso en el cual se eliminan los sobrantes en la pieza moldeada.

Desmoldeo: Proceso en el cual la pieza se libera del molde.

Inserto: Elementos de un molde que dan forma a la pieza a moldear.

Macho: En moldeo con arena, son elementos que dan forma a la pieza y son colocados dentro de las 2 caras del molde.

Oquedades: Espacio hueco en el interior de un cuerpo.

Polímero: Sustancia química constituida por moléculas o grupos de moléculas (monómeros) que se repiten y están unidos entre sí formando cadenas.

PVC: Plástico que se obtiene por polimerización de un compuesto orgánico (el cloruro de vinilo) y sirve para fabricar tuberías, envases y otros objetos.

Superficie de Juntas: Superficie de la pieza moldeada donde es visible las líneas de unión del molde.

Virutas: Son los sobrantes que son cortados de las piezas ya moldeadas.

ANEXOS

Galería de fotos del área de moldeo componentes, haciendo referencia a detalle de los diferentes elementos que conforman el proceso de cambio de molde.

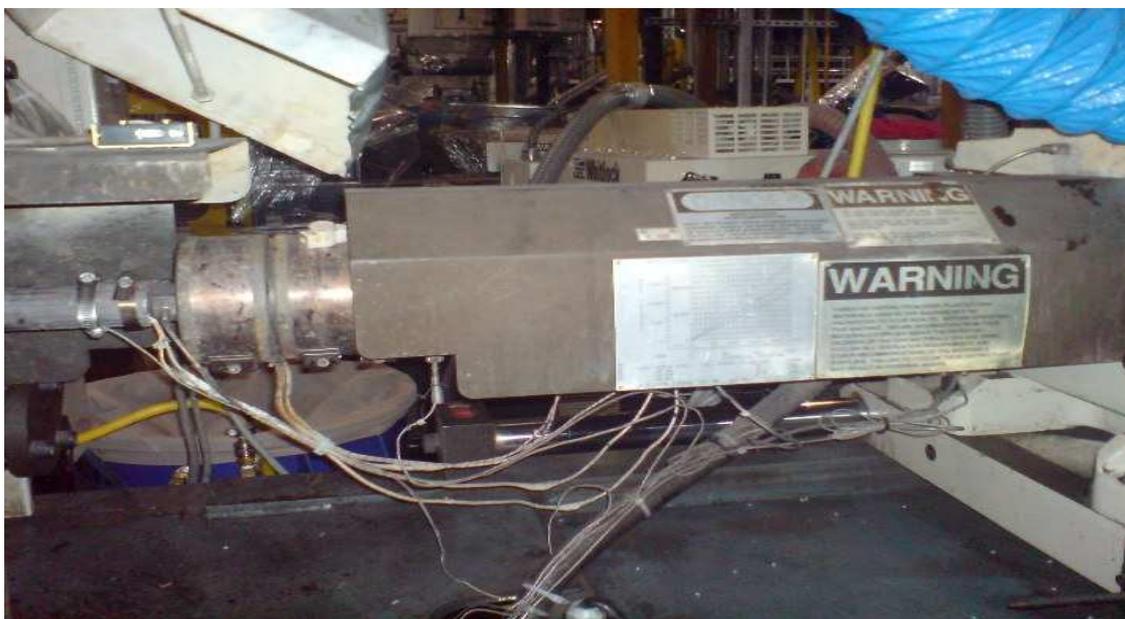
ANEXO 1. MÁQUINA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO (MOLDEADORA)



ANEXO 2. MOLDES PARA MOLDEO POR INYECCIÓN



ANEXO 3. UNIDAD DE INYECCIÓN DE UNA MÁQUINA MOLDEADORA



ANEXO 4. UNIDAD DE CIERRE DE UNA MOLDEADORA.



ANEXO 5. TOLVAS CON DRYER (SECADOR DE RESINA)



ANEXO 6. RESINA (POLIPROPILENO) PARA PURGAR UNIDAD DE INYECCIÓN EN UNA MÁQUINA MOLDEADORA)



ANEXO 7. GRÚA (POLIPASTO), CON CORREA (ESLINGA) PARA MOVER MOLDES

