



**EDUCACIÓN**  
SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA



# Instituto Tecnológico de Matamoros

DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN

**TESIS:**

**“Administración de toma de decisiones en el uso de máquinas  
moldeadoras de inyección de plástico”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN  
INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

ING. ANGEL APOLONIO ASIS SÁNCHEZ

**DIRECTOR:**

DR. JORGE ALBERTO ORRANTE SAKANASSI

H. Matamoros, Tamaulipas, México      octubre del 2020

**Excelencia en Educación Tecnológica®**  
Tecnología es progreso®



# **INSTITUTO TECNOLÓGICO DE MATAMOROS**

**DIVISIÓN DE ESTUDIOS DE POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

**TESIS:**

**“Administración por medio de libro de Excel en máquinas  
moldeadoras por inyección de plástico”**

**QUE PARA OBTENER EL GRADO DE  
MAESTRO EN ADMINISTRACIÓN INDUSTRIAL**

**PRESENTA:**

**ING. ANGEL APOLONIO ASIS SÁNCHEZ**

**DIRECTOR:**

**DR. JORGE ALBERTO ORRANTE SAKANASSI**

**ASESORES:**

**MAI DANIEL GONZALO GALVAN RODRIGUEZ**

**DRA. ILEANA GUZMÁN PRINCE**

H. Matamoros, Tamaulipas, México      octubre del 2020

*Doy gracias por recibir el apoyo incondicional de mis  
padres y a mi novia Matilde Bejarano e infinitamente a Dios  
por colocarme a estas personas en mi camino ....*

## **Agradecimientos**

*Quiero agradecer a mi familia y maestros que fueron de apoyo para la realización de esta tesis.*

*Siento un grato placer en contar con personas que fungieron como maestros en mi desarrollo profesional para la culminación de mi tesis y orientación profesional en conocimientos de moldeo a los ingenieros Juan José Rivera, Alejandro Saucedo, Jesús Adame, Jesús fuentes, Luis Gutiérrez.*

*Por cada momento prestado y su orientación dentro del mundo del plástico y sobre todo la convivencia que se logró tener.*

*Angel A. Asis*

## **Resumen**

Esta tesis se estudia conceptos y temas relacionados a la transformación del plástico por medio de moldeo por inyección. Se menciona metodologías de moldeo científico aplicados para reducción de defectos, análisis de moldes desproporcionados y problemas dimensionales que se llegan a ver en el día a día laboral.

Esta tesis brinda metodologías necesarias para mejorar la productividad y dar procesos robustos con un enfoque de calidad de productos elaborados a base de plásticos. Se analiza conceptos sobre la importancia de las variables que interactúan en un proceso de inyección de plástico para desarrollar productos a escala mundial, cumpliendo con criterios y requisitos que los clientes demandan para sus procesos productivos. Se hará mención de los equipos periféricos hasta la culminación de nuestras partes moldeadas. Esta tesis hace mención como del correcto manejo y conocimiento de dos variables de moldeo de piezas plásticas, que son máquinas y moldes en una estrecha y perfecta armonía en sus capacidades de inyección y cerrado del propio molde en relación con la máquina.

## Índice

## Contenido

Agradecimientos	iv
Resumen	v
Índice	vi
Anexos	ix
Introducción	xi
<b>CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA</b>	<b>3</b>
1.1. Descripción de la problemática	3
1.1. Planteamiento del Problema	4
1.2. Objetivos	4
1.3.1. Objetivo General	4
1.3.2. Objetivos Secundarios	4
1.4. Hipótesis	5
1.4.1. Hipótesis General	5
1.4.2. Hipótesis Secundarias	5
1.5. Justificación	6
1.6. Variables e indicadores	7
<b>CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS</b>	<b>10</b>

2.1. Marco conceptual	10
2.2 Marco teórico	11
2.2.1 Proceso de moldeo de piezas plásticas	11
2.2.2 Tolva	14
2.2.4 Barril de máquina moldeadora	16
2.2.4 Molde	22
2.2.5 Termorregulador	23
2.2.6 Parámetros Claves de procesamiento	24
2.2.7 Registro de proceso de corridas diarias	26
2.2.8 Establecimientos de tolerancias	26
2.2.9 Control de datos	28
2.2.10 Registro de defectos y controles que aseguren la calidad del producto	28
<b>CAPÍTULO III METODOLOGÍA</b>	41
3.1. Población o muestra	41
3.2. Tipo de estudio	41
3.3. Selección del instrumento	42
3.4. Plan de recolección	43
3.5. Plan de análisis de datos	43
3.6. Plan de presentación	50
<b>CAPÍTULO IV RESULTADO</b>	52

4.1. Resultado de la hipótesis general	52
4.2 Resultado de la hipótesis secundaria 1	55
4.3 Resultado de la hipótesis secundaria 2	56
4.4 Resultado de la hipótesis secundaria 3	63
4.5 Resultado de la hipótesis secundaria 4	70
<b>CAPÍTULO V CONCLUSIONES</b>	82
Fuentes de Información	85

## **Anexos**

<b>Figura 1</b> Sistema de proceso de inyección de plástico.....	13
<b>Figura 2</b> Sistema de secado de resina. ....	14
<b>Figura 3</b> Sistema de resistencias de calor.....	17
<b>Figura 4</b> Tornillo interno del barril .....	18
<b>Figura 5</b> Esquema de tornillo.....	19
<b>Figura 6</b> Representación de partes del tornillo .....	19
<b>Figura 7</b> A) Válvula cerrada B) Válvula Abierta.....	21
<b>Figura 8</b> Molde .....	22
<b>Figura 9</b> Matriz de máquinas contra moldes.....	52
<b>Figura 10</b> Código de colores y su valoración.....	54
<b>Figura 11</b> Sección de comentarios y su apreciación en matriz.....	55
<b>Figura 12</b> Capacidad de inyección insuficiente .....	57
<b>Figura 13</b> Plantilla de análisis de capacidad de barril, tiempo de residencia y rate de producción.....	58
<b>Figura 14</b> Aplicación de caso práctico de plantilla para análisis de capacidad de inyección, tiempo de residencia y rate de producción.....	62
<b>Figura 15</b> Llenado de cavidades en proporciones diferentes .....	63
<b>Figura 16</b> Plantilla para balance de cavidades .....	65
<b>Figura 16</b> Plantilla para balance de cavidades .....	65
<b>Figura 17</b> Caso práctico sección de datos de plantilla de balance de cavidades .....	68
<b>Figura 18</b> Sección de imágenes de plantilla de balance de cavidades .....	69
<b>Figura 19</b> Plantilla de sellado de compuerta.....	72

<b>Figura 20</b> Aplicación de tiempo de sellado de compuerta .....	73
<b>Figura 21</b> Sección grafica de sellado de compuerta.....	74
<b>Figura 22</b> Plantilla de tiempo de enfriamiento .....	76
<b>Figura 23</b> Plantilla de tiempo de enfriamiento A) Parte 1 B) Parte 2 .....	79

### **Índice de tablas**

<b>Tabla 1</b> Variables e indicadores. ....	8
<b>Tabla 2</b> Ficha técnica sección de moldeo por inyección de plástico para su procesamiento de resina. ....	15
<b>Tabla 3</b> Defectos típicos de moldeo .....	31

## **Introducción**

Esta tesis tiene como objeto el análisis y diagnóstico en la industria de la transformación del plástico. Estos análisis del proceso de producción de piezas plásticas se dan en la ciudad de la Heroica Matamoros Tamaulipas.

Actualmente se revisan defectos en las piezas plásticas producidas, tales defectos se encontraron como disparos cortos, rebabas atribuido a un desbalanceo de cavidades de molde. Entre otros defectos se mencionan como material degradado dentro del barril de inyección de la máquina inyectora de plástico.

Es por eso que se enlistan defectos de las piezas plásticas y dando el aporte de cómo solucionar dichos defectos.

Todo este proceso de análisis y diagnósticos son apoyados por elaboración de pruebas que nos ilustran la condiciones del inyectado de material de plástico. Este conocimiento es fundamentado por moldeo científico que se le atribuye a John Bozzelli es el fundador de Injection Molding Solutions.

Esto nos da por otra parte un cambio cultural enfocado a ver un proceso de inyección más analizado y la valoración actual que cuenta la máquina con relación a el molde que será utilizado.

En la parte administrativa se planteó un sistema de comunicación por medio de libros de Excel donde el usuario que planea y acomoda los moldes para la producción de piezas plásticas pueda revisar que máquinas tienen aprobadas contra los números de parte que desee correr. Esto asegura la calidad del producto y evita la compañía la

fuga de capital por desperdicio de material en mal estado o en una situación compleja de quejas de piezas de garantía.

Esta tesis se presenta los capítulos siguientes:

El Capítulo I se menciona la problemática que se encuentra en una compañía de transformación de plástico. Se menciona el planteamiento de objeto de investigación, objetivos, hipótesis relacionadas, justificación y las variables que se someten al estudio.

Los fundamentos teóricos del problema abordan marco conceptual y teórico en el Capítulo II.

El Capítulo III se ilustra la parte metodológica de la recolección, el proceso y presentación de la información recabada mediante instrumentos.

Los resultados de este trabajo como su interpretación y análisis están descritos en el Capítulo IV.

En el último Capítulo V se concluye con las recomendaciones y conclusiones basado en la investigación efectúa

# **CAPÍTULO I GENERALIDADES DEL PROBLEMA**

## CAPÍTULO I. GENERALIDADES DEL PROBLEMA

### 1.1. Descripción de la problemática

En una empresa de giro automotriz en la sección de transformación de plástico de moldeo por inyección en el área de producción, se presenta la siguiente problemática: desde el arribo de la planta a la ciudad de Heroica Matamoros no se realiza la práctica de analizar por medio de pruebas de moldeo la situación actual de los moldes; como a su vez los tiempos involucrados de inyección de plástico permitiendo la reducción de tiempo de fabricación de piezas y sus dimensiones.

Dentro de la compañía no se establece un criterio definido de un arranque en las máquinas moldeadoras, esto es la relación a moldes y de la capacidad de inyección de material plástico en cantidades de unidad de onzas cubicas dentro del barril de inyección.

Este debe ser capaz de albergar la cantidad necesaria de material plástico para poder cubrir el volumen necesario de las cavidades junto con las venas para la obtención de piezas plásticas.

Esto resulta sumamente importante para no tener piezas incompletas de material y evitar el deterioro de funciones mecánicas de aplicación de las piezas moldeadas.

Esto al no realizar pruebas y análisis de datos en un corto y mediano tiempo contrae quejas de cliente, paros frecuentes en números de parte en líneas de moldeo

y problemas en piezas moldeadas. Otros factores que residen son arranques de nuevos proyectos sin previa información de las condiciones de los equipos a utilizar como son los moldes de inyección y quejas de cliente en relación al índice de defectos y su clasificación en número de parte no existe un dato relacionado con más incidencia y poder establecer o deducir un factor causal de dichos efectos en piezas moldeadas. El sistema actual no muestra los defectos en forma global sin deducción de números de parte lo cual repercute en el día a día laboral.

### **1.1 Planteamiento del Problema**

¿Será posible que a través de diagnósticos de evaluación y un cambio en la decisión en el acomodo de moldes en máquinas disponibles, en un turno laboral disminuyan los desperdicios en el área de producción de la empresa de transformación de plástico por inyección?

### **1.2 Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Evaluar los resultados que tendrá el uso de un libro de Excel con números de partes y sus máquinas aprobadas, esto para producir piezas moldeadas con apoyo de Plantillas de Excel personalizadas para realizar cálculos de inyección, tiempo de residencia, tiempos de inyección y el estado de balance de profundidad de los canales de inyección del plástico dentro del molde.

#### **1.3.2. Objetivos Secundarios**

1. Determinar tipos de defectos y como combatirlos.

2. Detectar montaje de moldes en máquinas sin capacidad de inyección de plástico.

3. Detectar moldes que presenten un desgaste dando un desbalanceo en el corriente de la inyección del plástico.

## **1.4. Hipótesis**

### **1.4.1. Hipótesis General**

Un libro de Excel actualizado con números de parte y sus máquinas aprobadas al personal que planea la producción de piezas plásticas, podrá administrar y seleccionar la máquina idónea con los moldes al momento de realizar el plan maestro de producción, en cada corrida de producción por números de parte. Esto buscando bajar niveles de scrap, paros de máquinas.

### **1.4.2. Hipótesis Secundarias**

1. La falta de diagnósticos genera defectos de rebaba, quemaduras, descoloramiento, contaminación, líneas de flujo, degradación, disparos cortos en máquinas.

2. El permitir correr números de parte con porcentajes fuera del rango de 25% a 70% de capacidad de inyección fuera nos dan problemas en piezas de plástico.

3. Los canales de conducción de plástico tomando en cuenta la profundidad del canal y anchura superando un 5% de variación de sus compuertas, donde se introduce y fluye el plástico provocan inestabilidad al momento de inyección de plástico adentro del molde.

4. Los tiempos de enfriamiento y llenado de las cavidades es relevante en el proceso de inyección y que amerita un previo análisis, no delimitando por copiar procesos similares.

### **1.5. Justificación**

Esta investigación nos permite mitigar pérdida de capital por causas de desperdicios de material defectuoso y a su vez quejas de garantía de piezas por lo cual aporta los siguientes impactos y valores:

**Impacto sistemático.** – La elaboración de la matriz de números de parte y máquinas aprobadas para producir piezas dará una forma de trabajar por aprobaciones por ingeniería y el mismo dando comunicación al departamento de planeación por medio de la matriz.

**Impacto económico.-** Con ello mejorará la situación económica ya que no habrá gastos no previstos de fabricación de piezas , esto nos conduce a un panorama de la situación actual en los moldes cuando son adquiridos nuevos o de traspaso de un programa de trabajo y visualizar a mediano o largo plazo las fallas mecánicas de piezas producidas; que pudieran presentar como debilitamiento mecánico de la utilización de las piezas en el ensamble donde será puesto , condiciones de moldes en su estado actual y el desgaste que presentara a futuro.

Cuantificar cuantos números de parte se necesitará un retrabajo y negociar con los clientes el gasto efectuado lo cual sería una ganancia extra a la compañía.

Además, permitirá amparar algún defecto futuro o queja de cliente y no afectar la economía de la empresa.

**Valor teórico.** – La generación de esta matriz de aprobación dará a los departamentos el conocimiento técnico necesario, esto reforzado con grupos multidisciplinarios dentro de la compañía para desarrollar mejores decisiones por medio de pruebas de diagnósticos de cada número de parte.

**Valor cultural.** - Para aspectos administrativos nos aporta una forma más correcta de montajes de moldes en máquinas en la planta de transformación de plástico por medio de validaciones.

**Valor Practico.** – Para la actualización de la matriz de aprobación se realizarán plantillas personalizadas para realizar el diagnóstico de cada número de parte.

## **1.6. Variables e indicadores**

Se muestra las variables de acuerdo a las hipótesis establecidas con la escala de medición necesaria, con su respectivo manejo de datos y por finalizar con la forma de presentación de la información.

**Tabla 1 Variables e indicadores.**

Fuente: elaboración propia

<b>Variables</b>	<b>Indicadores</b>
Capacidad de inyección	Rango de 25% a 70%
Canales de conducción de plástico	Anchura menor un 5% de variación en compuertas.
Tiempo de llenado de cavidades	Comportamiento estable durante el tiempo en segundos tomando como valor superior.

# **CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

## CAPÍTULO II FUNDAMENTOS TEÓRICOS

### 2.1. Marco conceptual

**Cavidad:** Es la parte del molde que forma la superficie exterior de la pieza moldeada. Los moldes pueden estar diseñados como cavidad sencilla o cavidades múltiples (Velasco Sánchez & Llorente, 2016)

**Ciclo:** El tiempo total requerido para moldear una pieza. Por lo tanto, es la suma del tiempo necesario para cargar o llenar el molde, cerrar el molde, curar la pieza, abrir el molde y sacar la pieza del molde (Velasco Sánchez & Llorente, 2016)

**Disparo corto:** Es un llenado incompleto en las cavidades del molde. (Routisis, 2000)

**Líneas de flujo:** Ondulaciones perpendiculares a la dirección del flujo de la resina como anillos concéntricos (Routisis, 2000)

**Molde:** Este término generalmente se refiere al montaje completo de los elementos que componen la sección del equipo en la que las piezas están formadas. Consiste en una base o marco, cavidades, fuerzas, placa de expulsión, elementos térmicos y termopares (Velasco Sánchez & Llorente, 2016)

**Moldeo por inyección:** Consiste básicamente en fundir un material plástico en condiciones adecuadas e introducirlo bajo precisión en las cavidades de un molde, donde se enfría hasta una temperatura a la que las piezas puedan ser extraídas sin deformarse (Beltrán & Marcilla, 2011)

**Polímero:** Moléculas de gran tamaño, constituidas por “eslabones” orgánicos denominados monómeros, unidos mediante enlaces covalentes. Los eslabones están formados, fundamentalmente, por átomos de carbono y pueden poseer grupos laterales o radicales con uno o más átomos (Juan, Kirschenbaum, & Crowe, 2011)

**Presión posterior:** Es la presión que se aplica al tornillo mientras retrocede, una vez finalizada la etapa de compactación. Una vez que el molde está completamente lleno el tornillo comienza a girar para plastificar más material para que el siguiente ciclo.

Este material comienza a alojarse delante del tornillo, obligando a que el tornillo retroceda. Sin embargo, no se permite que el tornillo retroceda libremente si no que se aplica una cierta presión posterior para conseguir que el material se mezcle y homogenice adecuadamente (Beltrán & Marcilla, 2011)

**Rebaba:** El material excesivo que fluye fuera de la cavidad del molde bajo presión (Velasco Sánchez & Llorente, 2016)

**Tiempo de enfriamiento:** El tiempo requerido para entrecruzar un material termo endurecido mientras está bajo calor y presión (Velasco Sánchez & Llorente, 2016)

**Tiempo de residencia:** Es el tiempo que tardaría un pellet de material en entrar por el agujero de la tolva en el husillo y salir convertido en pieza (Lerma, 2016)

## 2.2 Marco teórico

### 2.2.1 Proceso de moldeo de piezas plásticas

En el proceso de moldeo de piezas por inyección mediante de un polímero en estado líquido y caliente, no newtoniano, fluye a través de canales. Las paredes de los

cuales están mucho más frías que el propio polímero, y llena un molde que también tiene paredes frías (Beltrán & Marcilla, 2011)

En los fluidos newtonianos la viscosidad puede describirse en función de la temperatura y la presión sin que intervengan otras fuerzas. En los fluidos no newtonianos, por el contrario, la viscosidad depende de la temperatura y de la fuerza cortante a la que esté sometido el fluido.

El agua es uno de los mejores ejemplos de fluido newtoniano; como fluidos no newtonianos podemos citar la miel, la sangre, numerosos tipos de geles y pinturas, etc. Un fluido no-newtoniano en reposo se comporta como un líquido mientras que si se somete a fuerzas de estrés aumenta su viscosidad.

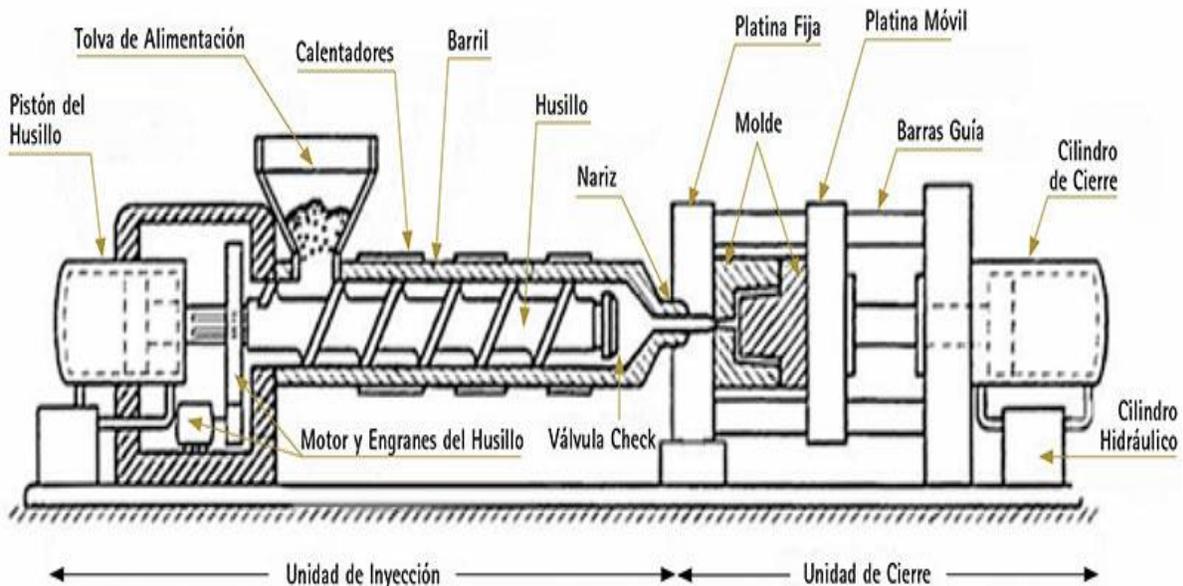
Si golpeas sobre la superficie de un fluido no newtoniano, el estrés introducido por la fuerza entrante hace que los átomos que componen el fluido se reorganicen aumentando la viscosidad, incluso hasta comportarse como un sólido por un instante.

El moldeado de cualquier pieza plástica se divide en dos fases, las cuales constan en la fundición de la materia prima que son los pellets. Dentro del barril sometido a una temperatura de fusión de la resina para su estado viscoso y la segunda en la inyección del plástico fundido dentro del molde para tomar forma de la pieza deseada.

Abordaremos este sistema de proceso de inyección con máquinas inyectoras de pistón.

A continuación, abordaremos temas que requieren de un conocimiento básico del tema relacionado a la transformación y procesamiento del plástico.

### Sistema de proceso de inyección de plásticos



**Figura 1** Sistema de proceso de inyección de plástico

Fuente: (Mariano, 2011)

La figura 1 muestra cómo se compone dos unidades el sistema de inyección del plástico.

La unidad de inyección empieza desde la introducción del plástico esto involucra abordar desde los equipos periféricos.

Se necesita dentro de este proceso equipos periféricos, entre ellos se encuentra una tolva que es el contenedor donde se encuentra la resina en un proceso de secado.

## 2.2.2 Tolva



**Figura 2** Sistema de secado de resina.

Fuente: (Deligio, 2018)

La figura 2 se almacena la resina donde se le coloca bajo temperatura para retirar la humedad interna del plástico bajo un porcentaje recomendado del fabricante. Este sistema es muy importante para no generar piezas defectuosas en nuestras piezas moldeadas.

Se recomienda un sistema visual y de registros de monitoreo para evitar efectos de manchas de humedad en piezas.

Se utiliza las fichas técnicas aportadas por el proveedor para definir los datos a monitorear como temperatura de secado, cantidad de horas y el nivel de humedad (ver figura 3)

**Tabla 2** Ficha técnica sección de moldeo por inyección de plástico para su procesamiento de resina.

Fuente: (Dupont,2020)

Parámetro	Condición	Unidad
Recomendación de secado	Si	
Temperatura de secado	80	°c
Tiempo de secado	2-4	h
Procesamiento de contenido de humedad	<=0.2	%
Temperatura de fusión óptima	290	°c
Temperatura mínima de fusión	280	°c
Temperatura máxima de fusión	300	°c
Máxima velocidad tangencial del tornillo	0.4	m/s

Temperatura óptima del molde	290	°c
Temperatura mínima del molde	280	°c
Temperatura máxima del molde	300	°c
Mantenga el tiempo de presión	4	s/mm

#### 2.2.4 Barril de máquina moldeadora

Después que las resinas estén con un porcentaje de humedad aceptado se carga dentro de la garganta o granulador de la máquina donde se genera un estado viscoso del plástico a altas velocidades dentro del barril.

Pasando dentro del barril internamente, este alberga a un tornillo o husillo con resistencias, donde el tornillo se mueve hacia enfrente fundiendo la resina con fricción y la temperatura irradiada por resistencias.

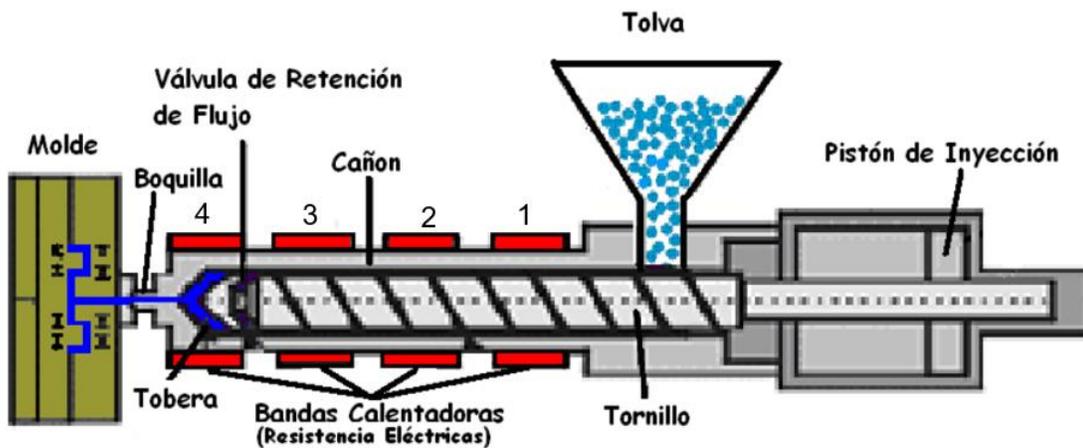
#### Husillo

Este tornillo es impulsado por medio del motor del husillo que da vueltas dentro del barril por medio de temperaturas irradiadas por resistencias y bandas de calentamiento alrededor del barril.

El barril tiene varias zonas de resistencia dependiendo de las maquinas en sus diseños comúnmente se maneja las siguientes zonas:

1. Zona trasera
2. Zona media
3. Zona frontal
4. Zona de nariz

En la siguiente figura 3 se enumera estas zonas mencionadas:

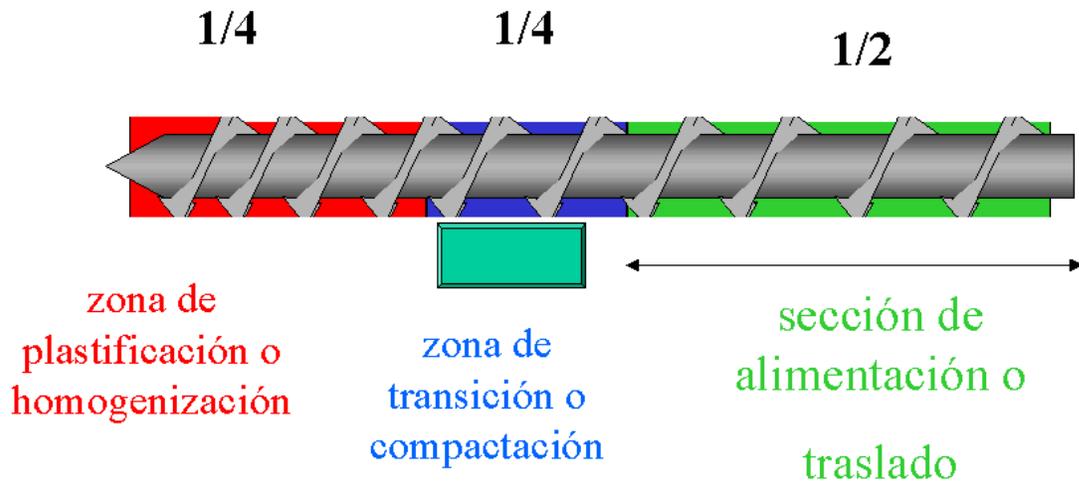


**Figura 3** Sistema de resistencias de calor

Fuente: ("Curso de Procesos de Manufactura," 2007)

Durante todo este proceso genera internamente fricción por el tornillo donde es involucrado la presión posterior o de retroceso del tornillo que permite que el material se homogenice de la mejor manera con ayuda del calor irradiado con la ayuda de las resistencias ya mencionadas anteriormente.

Se mostrará la división del tornillo interno del barril ver figura 4

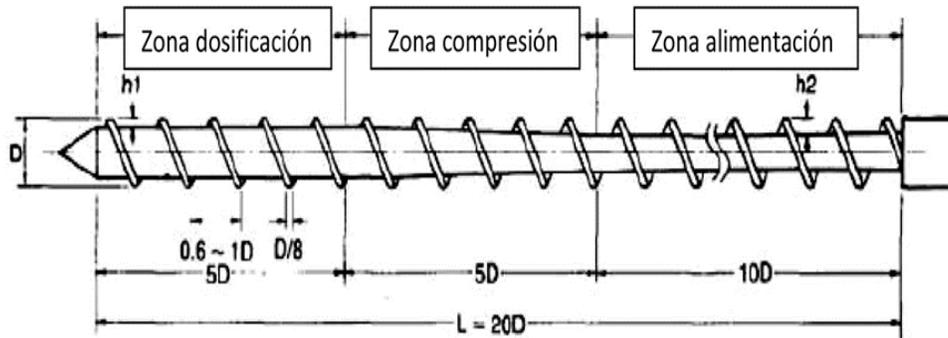


**Figura 4** Tornillo interno del barril

Fuente: (Capacitación en plásticos, 2019)

La figura 4 ilustra la sección de trabajo interno del tornillo por dos zonas y la primera es donde entra la resina para ser fundida donde externamente se encuentra la primera resistencia que es la trasera y en su finalización la resistencia mediana.

Después pasa a una segunda fase que es la zona de transición o compactación donde se encuentra una parte de la resistencia mediana y la resistencia frontal después pasa a la parte total de la resina fundida donde pasara a la nariz, donde está la última resistencia por eso se la da el nombre resistencia de nariz como vio figura 3.

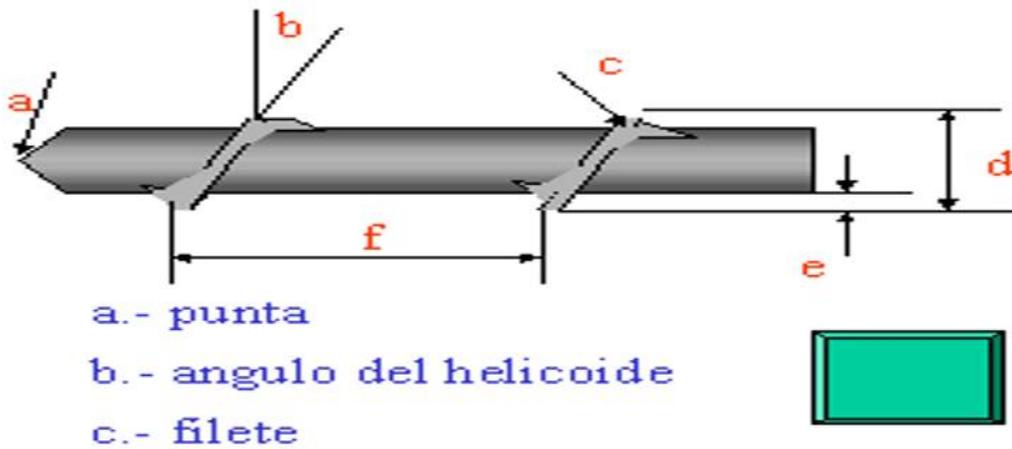


D= diámetro del husillo

L= Longitud efectiva del husillo ... Compresión ratio  $h2/h1$

**Figura 5** Esquema de tornillo

(Lerma, 2016)



**Figura 6** Representación de partes del tornillo

Fuente : (Martin , 2013)

Los husillos, o tornillos reciprocantes por lo general se dividen en tres zonas y tienen relaciones de longitud/diámetro (L/D) de 20:1. Esto es debido a que husillos con relaciones más pequeñas no proporcionan un fundido homogéneo, y con husillo con relaciones L/D mayores a 24 se tiene una degradación no deseada en muchos plásticos de ingeniería debido a que el material tendrá un tiempo de residencia excesivamente largo. (Martin , 2013)

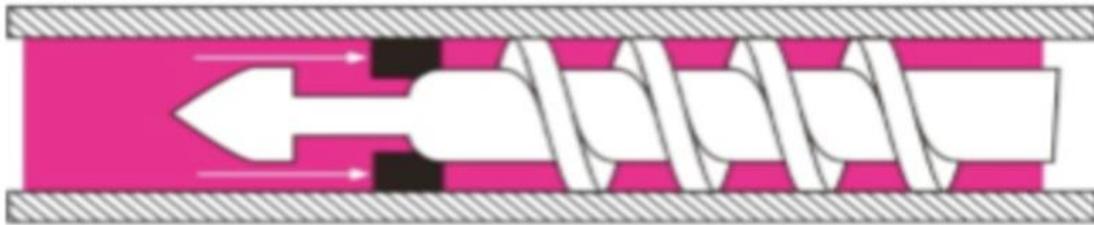
Una vez fundido el material pasa a la nariz del barril o llamado boquilla como se muestra en la figura 3 Sistema de resistencias de calor.

Esta boquilla se establece de acuerdo al tipo de resina y el diámetro del bebedero el cual es la entrada del molde donde se introduce el Plástico.

Entre la boquilla y barril internamente tenemos una válvula check o llamadas válvulas de no retorno, estas son de tipo añillo son las más utilizadas, y están constituidas por un añillo que debe deslizarse sobre el cilindro con muy poca holgura.

Mientras el tornillo gira la válvula se encuentra abierta y el material que está siendo plastificado fluye a través del espacio entre el extremo del tornillo y añillo. Cuando el tornillo realiza su movimiento hacia adelante para inyectar el material en el molde, la válvula se cierra, de modo que el tornillo queda apoyado sobre el asiento del añillo, lo que impide el retroceso de material (Beltrán & Marcilla, 2011)

A)



B)



**Figura 7** A) Válvula cerrada B) Válvula Abierta

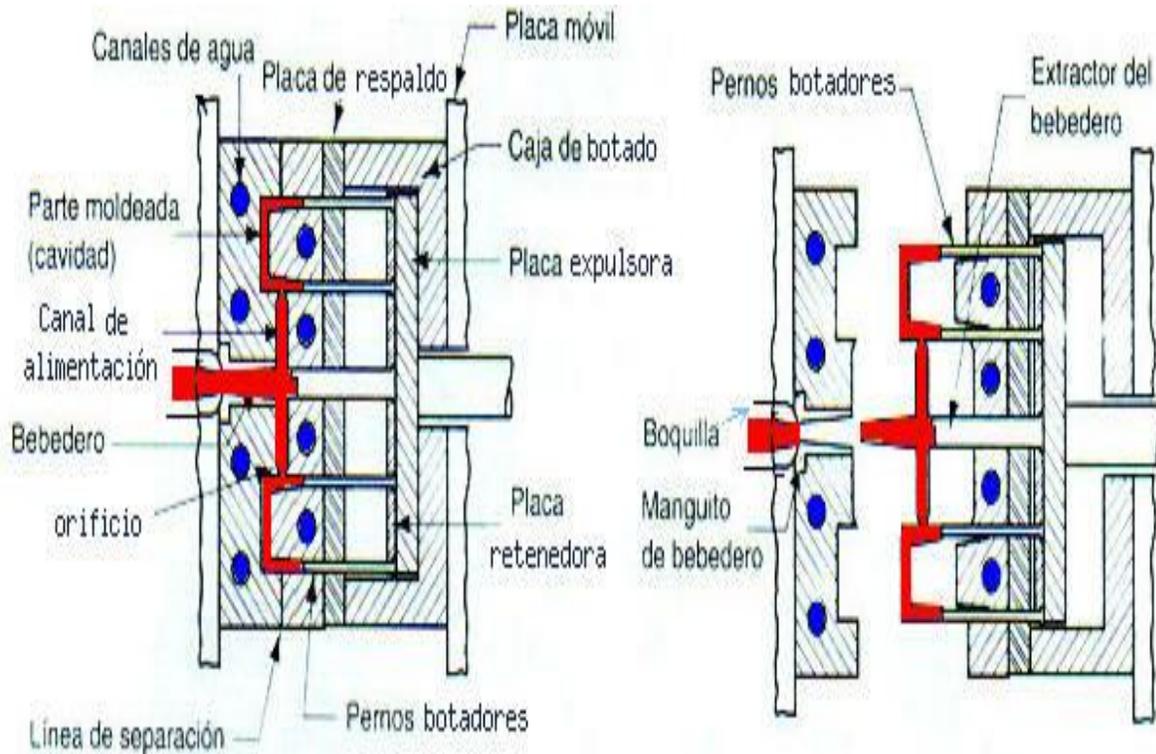
Fuente: (Beltrán & Marcilla, 2011).

Una vez que el material pasa a la boquilla es introducido el plástico fundido dentro del molde por el bebedero hacia el canal de alimentación. Que se encuentra ubicado en el lado fijo del molde este bebedero tiene un anillo de localización para colocar la boquilla ver figura 8

En su recorrido del canal de alimentación va recorriendo internamente en los canales del molde estos canales son llamados corredores.

Que estos llevan la resina líquida dentro de la cavidad del molde y que la cavidad es la que da forma a nuestra pieza deseada.

### 2.2.4 Molde



**Figura 8 Molde**

Fuente: (Capacitación en plásticos, 2019)

El molde se compone por dos platos o lados, se le conoce como lado fijo porque este es estático y sostenido en la platina inerte de la máquina y la otra contraparte del molde es desplazada por la unidad de cierre, de ahí su derivación de lado móvil o también conocido como lado macho como se vio figura 1.

La composición de moldes es variada de acuerdo a la necesidad del producto y diseño de molde.

Nosotros abordaremos en específico moldes de colada fría.

Los elementos del molde se componen de la siguiente manera:

1. Añillo de localización
2. Bebedero
3. Plata para fijación
4. Plato de cavidad
5. Plato de cores
6. Placa de soporte
7. Bloques espaciadores
8. Placa retenedora de eyectores
9. Pines eyectores (espigas de expulsión)
10. Plato de eyectores
11. Placa para fijación lado móvil.

Entre estos componentes se requiere

1. Poste guía
2. Canales de enfriamiento

### **2.2.5 Termorregulador**

Para la alimentación de los canales de enfriamiento se necesita un termorregulador que suministre el agua hacia el molde a una temperatura recomendada por el proveedor de resinas.

Dando circulación interna dentro del molde en entradas y salidas por el sistema de enfriamiento esta termorreguladora es asistido por un enfriador donde el agua es tratada.

Este equipo también es considerado como equipo periférico.

Una vez conocido a grandes rasgos el proceso que involucra la transformación de la materia prima se bordara los controles necesarios para procesar una pieza.

### **2.2.6 Parámetros Claves de procesamiento**

Los parámetros o valores de procesamiento surgen del panel de control de la máquina inyectora donde se encuentra todos los valores necesarios para procesar nuestras partes plásticas.

Estos valores son registrados en una hoja de parametrización para configuración individual por números de parte en la máquina.

En esta hoja de registro de parámetros se debe registrar los datos de la máquina mencionamos los datos relevantes.

Elementos de la pieza a correr

1. Número de la parte
2. Nombre de la parte
3. Tipo de Material de resina
4. Máquina
5. Situación de arranque de máquina automática o semiautomática

Elementos de la máquina

1. Intensificación de proporción
2. Diámetro de tornillo
3. Capacidad de inyección
4. Tonelaje de máquina

5. Número de cavidades
6. Peso unitario de la pieza
7. Peso de la vena
8. Peso total de disparo

Por tercera parte entramos a los parámetros que se ve involucrado directamente con el proceso de nuestra pieza

1. Tiempo de inyección de la pieza
2. Tiempo de enfriamiento
3. Tiempo de inicio del ciclo
4. Velocidades de inyección
5. Presiones de inyección
6. Temperaturas del barril
7. Temperaturas de termorregulador
8. Posiciones de cerrado, abertura y posiciones de molde
9. Tiempo de inyección de llenado de cavidades
10. Tiempo de recuperación de inyección
11. Colchón
12. Descompresión
13. Presión posterior
14. Tamaño de inyección
15. Boquilla utilizada

### **2.2.7 Registro de proceso de corridas diarias**

En este proceso es importante llevar un control sobre los parámetros más importantes para un proceso estable y estandarizado en nuestros valores de parametrización.

En este apartado se involucra una hoja de registro de proceso relleno por operadores que interactúan en el proceso.

Entre estos parámetros se escoge los parámetros que más afectan en nuestro proceso dependiendo de factores de acuerdo con la necesidad del producto.

Mencionaremos unos de los más relevantes que se debe analizar y registrar para nuestro proceso de fabricación.

1. Temperaturas de barril
2. Temperaturas de termorregulador
3. Presiones de llenado
4. Tamaño de inyección
5. Tiempo de inyección de cavidades
6. Tiempo de recuperación
7. Tiempo de inyección
8. Tiempo de enfriamiento

### **2.2.8 Establecimientos de tolerancias**

Es muy importante establecer rangos o tolerancias para estos parámetros de registro, para que nuestro producto salga de la manera que esperamos que cumpla con los requerimientos de nuestro cliente plasmado en el plano del producto.

Para establecer estos criterios es por medio de un estudio y análisis por rubros dándonos márgenes y amplitud de rangos para designar con valores medibles hasta donde nuestras piezas están en el margen aceptable contra nuestro plano.

Las principales metodologías de moldeo científico para análisis son por medio de pruebas que son:

- Tiempo de inyección
- Tiempo de curado o enfriamiento
- Tamaño de inyección
- Tiempo de residencia de la resina

Se mencionará una breve descripción de cada prueba:

### **Tiempo de inyección**

Es revisar el tiempo que tarda en inyectar el molde y establecer el tiempo idóneo donde muestra a que tiempo deja de meter plástico dentro del molde como a su vez donde empieza a variar menos.

### **Tiempo de enfriamiento**

Se establece en cuanto tiempo la pieza deja de sufrir cambios dimensionales y a su vez saber el comportamiento dimensional de nuestras piezas.

### **Tamaño de inyección**

En esta prueba se realiza el volumen adecuado de cantidad de resina a inyectar dentro del molde para evitar emplastamientos dentro del molde a trabajar.

## **Tiempo de residencia de resina**

Como su nombre lo dice es el cálculo de tiempo que lleva la resina en residencia dentro del barril este proceso es importante para determinar piezas en buen estado ya que una pieza con un tiempo de residencia alto es una pieza quebradiza.

### **2.2.9 Control de datos**

Para un buen control es sumamente importante la concientización del personal que se involucre desde el técnico que realiza la instalación del molde, el técnico que realiza el arranque de la máquina con base a la hoja parametrizada, el registro de los datos por parte del operador y la correcta verificación de parámetros por parte de un auditor del proceso y pieza para cumplir con las necesidades del cliente por medio del plano de la pieza deseada.

Al tener datos actualizados nos permite realizar pruebas a nuestro proceso de la situación que se encuentre.

### **2.2.10 Registro de defectos y controles que aseguren la calidad del producto**

Es importante establecer controles para asegurar la calidad del producto entre los métodos más usados es el registro de defectos y condiciones de paro de máquina para asegurar que nuestro producto sea monitoreado existen más los cuales abordaremos.

## **Cartas de proceso**

Estas cartas mencionaran los defectos que se han encontrado en nuestro producto que ayudara a los operadores a determinar los defectos en nuestras piezas y

como deben interactuar con ellas y esta ayuda es benéfica para personas de nuevo ingreso a reconocer más nuestro proceso productivo ya que describe paso a paso las actividades que debe realizar los operadores para que la pieza pueda ser terminada con inspección por parte de los operadores.

En el registro de materiales integrado en la carta muestra todas las herramientas que debe usar el operador como la cantidad de piezas que debe empaquetar en las cajas y que tipo de caja debe ir.

### **Registro de defectos y eficiencia**

Otra herramienta o control es por medio registro de defectos encontrados y contabilizarlos y determinar el porcentaje de eficiencia de nuestro número de parte.

El dato debe ser procesados por el departamento de manufactura para ser documentados y reducir los índices encontrados dentro del proceso productivo.

Este formato mostrara el total de piezas con defectos contra las piezas en perfecto estado y determina a que se le atribuye los defectos.

Esta información es benéfica y alimenta al formato de análisis de efectos y modos potenciales de falla conocidos como PFMEA.

Dicho documento pertenece al departamento de producción y se encarga de cuidarlos y llevar el control de ellos, ya que a diario su personal trabaja en estos formatos y lleva el registro real.

## **Diagrama de flujo**

Este es un documento que muestra paso a paso desde el recibimiento de los componentes por recibo para realizar nuestro producto hasta su destino final de embarque.

Nos brinda la visión y panorama claro que se necesita para entender el proceso que se elabora y sus diversos subprocesos dentro del sistema.

Nos brinda información sobre almacenamiento, procesamiento, transporte inspección de los elementos y producto terminado.

El diagrama de flujo es útil y necesario para alimentar al PFMEA y Control Plan.

## **PFMEA**

Este documento es muy importante dentro del departamento de manufactura ya que nos ayuda a visualizar los potenciales riesgo de nuestro proceso como a su vez realizar mejoras en los procesos productivos ayudando a bajar las ocurrencias en nuestro proceso por medio de controles de detención y prevención en los índices más altos.

Estos índices son nuestra severidad en el proceso, la ocurrencia y nuestro índice de detención sobre nuestros modos de falla.

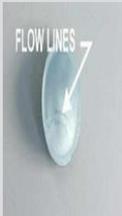
A continuación, mencionaremos los defectos más comunes dentro de un proceso de moldeo.

**Tabla 3** Defectos típicos de moldeo

Fuente: *(Decatur Mold Tools & Engineering Inc, 2018)*

Defectos comunes	Imagen	Descripción	Causas de defectos	Acciones correctivas
Ampolla (Blisters)		Área elevada o no intencionada en la superficie de la pieza	La herramienta está funcionando demasiado caliente o el calentador no funciona correctamente	Pruebe el calor de la herramienta y elimine cualquier fuente externa que contribuya al calor de la herramienta, verifique el enfriamiento en el área de la herramienta
Quemaduras (Burn Marks)		Decoloración negra o marrón en el material más alejado de la puerta del molde	La velocidad de inyección del material es demasiado alta y / o la ventilación de la herramienta no es suficiente	Reduzca la velocidad de inyección y / o pruebe la ventilación de la herramienta para lograr la velocidad y la temperatura de disparo adecuadas

Defectos comunes	Imagen	Descripción	Causas de defectos	Acciones correctivas
<b>Descoloramiento</b> <b>(Discoloration)</b>		<p>Cambio de color no deseado en áreas del material.</p>	<p>El colorante deseado no se mezcla correctamente con los granulos o se ha agotado, revelando un color natural</p>	<p>Verifique la tasa de mezcla adecuada para el colorante y asegúrese de que el nivel de colorante en la alimentación del sistema sea correcto</p>
<b>Rebabas</b> <b>(Flash)</b>		<p>El material fluye fuera de la cavidad del molde.</p>	<p>Fuerza de sujeción insuficiente, residuos en las superficies de contacto de la herramienta o daños en la herramienta</p>	<p>Inspeccione la herramienta en busca de daños, limpie las superficies de contacto de los moldes y asegure la fuerza de sujeción adecuada.</p>

Defectos comunes	Imagen	Descripción	Causas de defectos	Acciones correctivas
<b>Contaminación</b> <b>(Contamination)</b>		Cambio de color no deseado en áreas del material.	El colorante deseado no se mezcla correctamente con los granulos o se ha agotado, revelando un color natural	Limpie la superficie de la herramienta y la cavidad, inspeccione el sistema de barril / tolva / alimentador en busca de contaminantes, verifique el calor de corte
<b>Líneas de flujo</b> <b>(Flow lines)</b>		El flujo de material crea múltiples líneas y patrones visibles en la pieza terminada	La velocidad de inyección del material es demasiado lenta y el enfriamiento es demasiado rápido	Aumentar la velocidad de inyección del material

Defectos comunes	Imagen	Descripción	Causas de defectos	Acciones correctivas
<b>Degradación</b> <b>(Degradation)</b>		<p>Fallo en la composición del material en resistencia a la tracción, color, forma, etc.</p>	<p>Exposición de gránulos a luz excesiva, calor, agua o productos químicos</p>	<p>Deseche el material pobre, revise el almacenamiento y el sistema de alimentación para detectar problemas de contaminantes</p>
<b>Disparos Cortos</b> <b>(Non-Fill)</b>		<p>Pieza moldeada incompleta</p>	<p>No ingresa suficiente material al molde, la velocidad de inyección del material es demasiado lenta o la presión de la</p>	<p>Aumente la velocidad de inyección del material y pruebe la presión en la pieza durante el moldeo</p>

			<p>herramienta es demasiado baja para dispersar el material correctamente</p>	
<p><b>Rayas plateadas (Splay)</b></p>		<p>Parte tiene patrón circular en material en la puerta.</p>	<p>Gas caliente generado por la humedad en los gránulos debido a un procedimiento o técnica de secado de material inadecuado.</p>	<p>Use material seco, revise el proceso de secado del material, revise el almacenamiento del material por problemas de contaminación</p>

Esta tabulación muestra los defectos tipos de moldeo que se destacan como lo más comunes.

Detalla la descripción del defecto y su apariencia en la pieza en su cuarta columna nos menciona porque es causado el defecto y por último como solucionarlo.

Toda esta información es necesaria para entender el proceso esta es la razón por lo cual debe estar en el PFMEA.

## **Control Plan**

El Plan de Control de Proceso es un documento relacionado con el proceso de fabricación de un producto, donde se listan todas las características tanto del producto como del proceso, requeridas para asegurar el control de la producción y la calidad del producto acordada, minimizando así las variaciones inherentes a la fabricación. El documento debe ser considerado como parte integral de la calidad del proceso y utilizarlo como referencia para la creación posterior de documentación específica para la producción, como por ejemplo las instrucciones de trabajo de una estación de fabricación. En él se describen las acciones que son requeridas en cada fase del proceso incluyendo las entradas y salidas, desde la recepción de material, pasando por su procesamiento hasta la expedición del mismo.

En definitiva, es resultado del análisis de riesgos obtenidos a través del AMFE de Diseño, del AMFE de Proceso, Análisis Causa-Efecto, Especificaciones del cliente y Lecciones Aprendidas,

¿Por qué hacer un Plan de Control?

La razón radica en la necesidad de reducir el desperdicio, el retrabajo y mejorar la calidad del producto durante el diseño, manufactura y ensamble. Guía la producción controlando el proceso y asegurando la calidad de producto con especial atención en los recursos relacionados que son importantes para el cliente. Identificar y comunicar

cambios en la producción, métodos de control y características de medida. De aplicación directa en zonas de inspección en la recepción de material, muestreos aleatorios, frecuencias de ensayos durante la producción, auditorías de producto y proceso, recalificaciones y actualizaciones con reclamaciones cliente (Flández Izquierdo, 2018)

### **Auditorías de proceso y producto**

Las auditorías también pueden ser clasificadas por su ámbito de acción como auditorías de producto, de proceso y de sistema. Una auditoría de producto es muy similar a una inspección, en donde se examina el artículo final o la labor de acuerdo con los requisitos establecidos. Algunas veces, el artículo terminado es destruido durante el proceso de medición de las características necesarias. También se revisa toda la documentación asociada con la elaboración de estos artículos. Estas auditorías “de caja” son realizadas principalmente en la industria electrónica y en la de fabricación de instrumentos. Es muy común que tomen una caja de la línea del producto terminado e inspeccionen su contenido desde el punto de vista del consumidor.

Las auditorías de producto requieren la inversión de muchos recursos, pero a menudo la ganancia obtenida a partir de tal inversión es muy baja. Éstas se enfocan en qué tan completos están los bienes terminados o servicios ofrecidos y no requieren una gran capacitación por parte de los auditores, no obstante, su utilidad es limitada.

### **Visión general de auditorías de proceso**

Con la publicación de las revisiones de la familia de normas ISO 9000, existe más interés en el enfoque sobre el proceso para manejar una organización. El principio No. 4

de la gestión de calidad establece que “un resultado deseado se logra de manera más eficiente cuando las actividades y los recursos necesarios son administrados como parte de un proceso.”

El aumento en la atención a los procesos naturalmente conlleva al incremento en la atención a las auditorías de proceso. Aun así, muchos tratan a las auditorías de proceso como si fueran un pequeño sistema de auditoría. Auditar los procesos no es lo mismo que un proceso de auditoría.

En ambas formas de auditoría existen similitudes, pero también existen diferencias fundamentales. Producto, Proceso y Sistema Los productos son el resultado de los procesos.

Cada organización realiza una serie de pasos para lograr su misión. Aquellos productos pueden ser tangibles, como un automóvil nuevo o un caramelo; también pueden ser intangibles como una placentera experiencia al ir de compras.

También pueden ser instrucciones de una máquina, contenidas en los componentes y bytes de un software. La norma ISO 9000-2000 hace referencia a estas cuatro categorías: de servicios, de software, de hardware y de materiales procesados.

Un proceso es una acción. Transforma algo de un estado a otro. Tal proceso puede ser una actividad como el pintar un objeto. También puede ser cerebral, como el análisis de datos. Algo llega de una manera y cambia. La norma ISO 9000-2000 define a un proceso como “un grupo de actividades interrelacionadas y que interactúan, las cuales transforman los insumos en productos”

Para contar con un proceso se requieren dos cosas: Una acción (verbo) y un objeto (sustantivo).

Un sistema es un grupo de procesos que trabajan de manera conjunta para lograr una meta común. Podemos tener sistemas “de fábrica,” como la generación de electricidad. El sistema de calefacción en un hogar es otro ejemplo de un sistema de fábrica.

Utiliza varios procesos (sensor de temperatura, creación y distribución de calor y limpieza del aire) para lograr un ambiente cómodo. También podemos contar con sistemas de “gestión,” como el control de artículos comprados.

Cada uno de estos sistemas cuenta con procesos que trabajan al unísono. Algunas veces las relaciones entre: el producto, el proceso y el sistema aparecen en las ciencias de calidad (Arter, 2004)

# **CAPÍTULO III**

# **METODOLOGÍA**

## CAPÍTULO III METODOLOGÍA

### 3.1. Población o muestra

Este proceso se aplicará dentro de una población cercana de 1056 números de parte principales y se trabajará con los números de parte que se vayan agregando a la lista como a su vez que se requiera una evaluación.

### 3.2. Tipo de estudio

Este estudio será de los siguientes tipos que se describe:

**Documental:** En el marco conceptual y teórico se presentan diversas bibliografías que existen, cuales son una base para los estudios y análisis donde es sujeto de estudio este proyecto.

**Diagnóstico:** Se analizó los cambios que ocurren en las piezas con cambios de parámetros, máquinas y moldes por lo cual permite realizar diagnósticos de condiciones de las piezas.

**De campo:** Se estudio y analizó el problema sujeto a la información proporcionada en números de parte de una planta moldeadoras de piezas plásticas.

**Transversal:** Este estudio se realizó en un periodo de tiempo de 2017 y 2020.

**Experimental:** Se elaboró una serie de experimentos relacionado a las variables que se presentan como son parámetros y moldes.

### 3.3. Selección del instrumento

Para recopilar la información se utilizará los siguiente:

**Plantillas:** Hojas de Excel diseñadas con criterios y fórmulas para análisis de datos.

**Formatos para el registro de información:** Formato en blanco para el registro de datos necesarios para el uso de plantillas.

**Vernieres:** Es un instrumento de medición que fue diseñado para medir con una gran precisión cualquier tipo de objeto, ya sea que tenga superficies internas, externas y/o profundidades.

**Pines:** Son piezas de metales de forma de cilindro para medir agujeros, para calcular distancias entre centros y anchos de ranuras y como gages GO, NO-GO.

**Bascula gramera:** Mide las cantidades exactas de ingredientes sólidos y líquidos, para medir las cantidades precisas que se van a emplear.

**Sierra:** Es una herramienta que sirve para cortar madera u otros materiales.

**Pirómetro:** Es dispositivo capaz de medir la temperatura de una sustancia sin necesidad de estar en contacto con ella.

### **3.4. Plan de recolección**

La información y datos fue tomado por el investigador el cual fue llenado en los formatos elaborados y capturado en las plantillas de análisis desarrolladas.

Toda Información de manejo de forma confidencia comentando los análisis a los corresponsables del proceso y diseño de los moldes.

Las pruebas se realizarán cada vez que se registre un proceso nuevo, queja de cliente, nuevo producto o los estudios que considere necesario.

### **3.5. Plan de análisis de datos**

Cada prueba manejará criterios y rangos estandarizados dentro del ramo de moldeo donde se evaluará los datos arrojados en cada prueba.

#### **Pruebas de moldeo**

Estas pruebas cumplen con la finalidad de observar y determinar la situación real de la condición del moldeo o máquina, y así analizar los resultados del diagnóstico con un diagnostico base.

#### **Prueba de capacidad de inyección de plástico en máquina contra el volumen necesario.**

Esta prueba consiste en determinar la capacidad de onzas necesaria del barril para poder inyectar dentro del molde.

Se entiende por capacidad de inyección el volumen de material que es capaz de suministrar la máquina en una inyección (unidad volumétrica / inyección)

La unida de inyección suele escogerse de forma que sea capaz de contener material suficiente para dos ciclos, en otras palabras, de 50% de la capacidad de inyección de un cilindro debería vaciarse en cada ciclo. Por parte la cantidad de material introducida en el molde nunca deberá ser inferior al 20 % ni superior al 80% de la capacidad del cilindro, de tal modo que el tiempo de permanencia del material en la cámara de plastificación no sea excesivamente largo para evitar que el material se degrade, ni excesivamente corto para evitar que no se encuentre plastificado (Mite, Mera, & Vargas, 2015)

Se requiere de los siguientes datos:

1. Base de datos actualizada del barril de máquina
  - Intensificación de radio
  - Diámetro de tornillo
  - Capacidad de inyección
  - Tonelaje
2. Peso actual del disparo completo del número de parte a evaluar

### **Procedimiento**

Consiste en la división de peso del disparo completo entre la capacidad de inyección.

Es importante agregar un factor de seguridad de un 10% para la salida de la válvula, un margen para la descompresión y garantizar que el plástico se funda uniforme.

### **Prueba de tiempo de residencia de resina en el barril**

Hay dos formas de transmitirle calor a la resina o materia prima, una es provocado por la fricción, que se produce el movimiento de giro del husillo dentro del barril o cilindro generado un roce entre los pellets y la segunda manera de calentar el plástico es por conducción mediante las bandas calefactores esto implica que el pellet debe tener un pleno contacto con paredes del barril o cilindro.

Por eso es importante que se tome en cuenta el tiempo de residencia ya que es el lapso de tiempo que se considera desde que la resina toca el huesillo, hasta el momento en que sale por la boquilla del cañón (Mite, Mera, & Vargas, 2015)

Se requiere los siguientes datos:

1. Peso completo del disparo necesario de las piezas.
2. Tiempo de ciclo
3. Capacidad de inyección

### **Procedimiento:**

1. Calcular cuántos disparos hay en el barril = capacidad de inyección / peso de disparo de inyección (unidades cubicas)

2. Tiempo de residencia (min)= Disparos en barril x tiempo de ciclo (sec) X  
(1min/60seg)

### **Prueba de sellado de compuerta**

La presión de retención debe empaquetarse en la cavidad, el plástico equivalente a esta contracción volumétrica que se produce durante el enfriamiento del plástico cuando golpea las paredes frías del molde. El plástico entra en la cavidad a través de la puerta. Mientras la compuerta no esté congelada, el plástico puede entrar en la cavidad o dejar la cavidad. Por lo tanto, la presión de retención debe aplicarse hasta que la puerta se congele. Si no se da suficiente tiempo, pueden ocurrir dos de los siguientes. Primero, suficiente plástico no entrará en la cavidad y segundo, el plástico dentro de la cavidad que está bajo alta presión saldrá de la cavidad. Por lo tanto, es imperativo que el tiempo durante el cual se aplica la presión de retención sea suficiente para congelar la compuerta de la pieza.

Se realiza un estudio muy simple para determinar este tiempo. Las muestras moldeadas con diferentes tiempos de retención se pesan y el tiempo después del cual el peso permanece constante se establece como el tiempo de retención. A medida que aumenta el tiempo de retención, cada vez más plástico entra en la cavidad, lo que aumenta el peso. Pero tan pronto como la compuerta está congelada, el plástico no puede entrar en la cavidad y el peso de la pieza permanece constante. Esto se denomina tiempo de congelación de la puerta o tiempo de sellado de la puerta (Fimmtech, 2007)

**Procedimiento:**

Se empieza bajando el tiempo de inyección de la máquina a nivel bajo para incrementar el tiempo y registra la variación del peso de las cavidades por separado.

A partir del tiempo de inyección que deje de variar el peso de las cavidades ese será el tiempo máximo de tolerancia.

**Prueba de balanceo de cavidades**

A medida que el plástico fluye a través de los corredores hacia la cavidad, la masa fundida tiene una temperatura, presión y velocidad dadas. Estas tres variables dependen del tiempo, lo que significa que el valor de cada una de ellas cambiará en el corto tiempo que fluye el plástico hasta que llega al final del relleno. Por ejemplo, la temperatura de fusión disminuye con el tiempo. Si la temperatura de fusión es T grados F al inicio de la inyección, luego de un segundo, la temperatura de fusión es inferior a T grados F. La calidad final de la pieza que se moldea es una función de cada una de estas variables o, en otras palabras, La dimensión final y la calidad de la pieza dependen de la temperatura, la presión y la velocidad del plástico a medida que llena la cavidad.

Considere un molde de una cavidad. La temperatura de fusión al final del llenado es de 450 grados F, la presión del plástico es de 8000 psi y la velocidad a la que el plástico entró en la cavidad fue de 4.5 pulgadas por minuto. Esto produjo una pieza con una cierta dimensión y acabado. Ahora, si la temperatura cae a 400 grados F, la parte se reducirá menos y producirá una parte que ahora es más grande que la

toma anterior. De manera similar, si el final de la presión de llenado y la velocidad cambian, habrá un cambio en la dimensión y / o final de la pieza. Ahora considere un molde de dos cavidades con partes idénticas que se moldean en cada cavidad. Si las dos cavidades no se llenan en condiciones similares, entonces, en base a la discusión anterior, sabemos que las dos partes producidas de cada cavidad serán diferentes. Es por eso que, para producir partes idénticas, es imperativo que el flujo en las dos cavidades sea equilibrado, demostrando el hecho de que el plástico ha llegado al final del relleno en las mismas condiciones y dará como resultado partes idénticas. Esta es la importancia del equilibrio de la cavidad (Fimmtech, 2007)

**Procedimiento:**

1. Ajuste la presión de mantenimiento a cero.
2. Ajuste el tiempo de espera a cero.
3. Establezca el tiempo de retardo de recuperación del tornillo en aproximadamente un valor cercano al tiempo de retención estimado.
4. Establezca el tiempo de enfriamiento en un valor tal que sepa que la pieza estará lo suficientemente fría como para expulsarla.
5. Establezca la velocidad de inyección en el valor obtenido del estudio Curva de viscosidad.
6. Con el resto de las configuraciones de la misma forma que tenía en el estudio de viscosidad, comience a moldear.

7. Solo ajustando la posición de transferencia, moldea las piezas que son cortas. Si hay un desequilibrio de la cavidad visible, entonces la parte "más grande" debería ser corta.

8. Realice tres tomas de este tipo, tome el peso promedio de cada cavidad y trace un gráfico.

### **Prueba de enfriamiento**

El plástico comienza a enfriarse tan pronto como toca las paredes del molde. Una vez que termina el tiempo de espera, comienza el tiempo de enfriamiento. El molde permanece cerrado hasta el final del tiempo de enfriamiento. Luego se abre el molde y se expulsa la pieza. Antes de que se abra el molde, la pieza debe alcanzar la temperatura de expulsión del plástico. Si la pieza se expulsa antes de que alcance la temperatura de expulsión, la pieza es demasiado blanda y se deformará durante la expulsión. El tiempo de enfriamiento excesivo es solo una pérdida de tiempo de la máquina y, por lo tanto, ganancias. El tiempo de enfriamiento también debe configurarse de modo que las dimensiones de la pieza permanezcan consistentes y el proceso sea capaz.

La determinación del tiempo de enfriamiento correcto puede complicarse. Con partes con secciones gruesas, es difícil medir la temperatura interna en el centro de la sección más gruesa. En algunas partes del molde, es difícil obtener suficiente enfriamiento y, por lo tanto, se deben aumentar los tiempos de enfriamiento para aumentar la transferencia de calor. En algunos casos, la temperatura del molde puede

estabilizarse después de un par de horas. La contracción también puede verse influida por los cambios en los tiempos de enfriamiento.

**Procedimiento:**

1. Molde disparos en diferentes tiempos de enfriamiento.
2. Medir las dimensiones críticas.
3. Analice los datos para ver cómo se influyen las dimensiones críticas con el tiempo de enfriamiento.
4. Decida el tiempo de enfriamiento que mejor se ajuste a los datos.
5. Ejecute disparos en este tiempo de enfriamiento y realice un análisis estadístico para determinar la capacidad del proceso en este tiempo de enfriamiento.
6. El tiempo de ciclo es el factor más importante ya que eso es lo que hace que el beneficio final. En la mayoría de los casos, si el proceso es capaz de reducir los tiempos de enfriamiento, se puede hacer un cambio en el acero del molde y lograr las mismas dimensiones en tiempos de ciclo más bajos.

Cada una de las pruebas se dará una breve opción de cómo se puede presentar de acorde a la necesidad del usuario, esto en la sección de plan de presentación.

### **3.6. Plan de presentación**

**Plantillas.** - Se utilizará plantillas de información el cual contiene rangos, intervalos y gráficas representativas de valores tabulados cuando aplique.

# **CAPÍTULO IV**

# **RESULTADOS**



**Interpretación:**

Esta matriz se modificó a una tabla arcoíris que nos indica por medio de colores la situación que se encuentra el molde con relación a las 52 máquinas que cuenta la compañía contra sus 961 números de parte más los nuevos programas que se suman actualmente.

De acuerdo a la figura 10 Código de colores y su valoración tenemos

- Color verde representa una máquina principal.
- Color amarillo representa máquina secundaria.
- Color rojo representa prohibición de máquina.
- Color rosa representa molde con cores.
- Color café máquina ya no existente dentro de la compañía.
- Color feúcha moldes familias (molde que puede producir más de un número de parte solo con el intercambio de piezas metálicas adentro del molde)

Codigo de colores	VALOR DE IMPORTANCIA			SITUACIONES DE MAQUINA Y MOLDES		Moldes familia
	1	2	0	Molde con cores	Maquina no existentes	
	Maquina primaria	Maquina secundaria	Maquina restringida			C10 Axial

**Figura 10** Código de colores y su valoración

Fuente: Elaboración propia

Dentro de esta matriz encontramos:

- **La marca de la máquina**
- **Tonelaje**
- **Capacidad de inyección**
- **Número de máquina.**
- **Estatus de validación:** Muestra si ya fue verificado el número de parte nuevamente
- **Molde familia:** Esta parte ayuda a minimizar tiempo ya que ayuda al planeador para el acomodo de números de parte evitando que en un dia corra un número de parte y al otro dia bajarlo para meter otro número de parte, pero al tercer dia pedir cambio a otro número parte en molde familia que ya fue bajado un dia anterior.

Esto dará visión de poder seguir corriendo el molde familia más de una ocasión de acuerdo a los requerimientos del cliente.



La falta de diagnóstico si nos genera defectos la cual se da solución en Tabla 3 Defectos típicos de moldeo donde a partir del defecto se da el diagnóstico que lo provoca y como poder solucionarlo.

### **Interpretación:**

Esta tabla fue de apoyo para actualizar en los modos de falla en PFMEA máster (Análisis modal de fallos y efectos) por lo cual esta información puede ser útil desde técnicos a nivel ingeniería ya que fue apegada a los defectos que se presentan en las máquinas de moldeo de dicha empresa.

Cuando ocurra un defecto dentro de dicha tabla el personal sabrá que variables podrá modificar y solucionar defectos evitando perder tiempo en la máquina por ajuste que oscila un tiempo de diez minutos hasta doce horas de trabajo.

### **4.3 Resultado de la hipótesis secundaria 2**

“El permitir correr números de parte con porcentajes fuera del rango de 25% a 70% de capacidad de inyección fuera nos dan problemas en piezas de plástico.”

Si tal hecho de trabajar con rangos fuera de 25% a 70% de capacidad de inyección han impactado con quejas de cliente por piezas incompletas como se aprecia en figura 11 Sección de comentarios y su apreciación en matriz.

	Tonnage U.S.(metric)
	Injection Capacity(oz)
	Machine #
NP moldeado con estampad	comments
	<p>Este numero de parte solo correr en caso de emergencia en la maquina 446 ya que se sobre pasa la capacidad del barril ; asi se establecio el día 15-ago-18 como maquina alternativa Da problemas ya que no puede inyectar y constantemente va mto a revisarla .</p> <p style="text-align: center;">ojo</p> <p>"Una opcion para poder correr en esta maquina es bloqueando cavidades para poder tener capacidad de inyeccion."</p>

**Figura 12** Capacidad de inyección insuficiente

Fuente: Elaboración propia

En la figura 12 nos muestra que la falta de capacidad de inyección provoca paros frecuentes durante el turno y esto genera tiempo muerto.

El lado contrario de tener más capacidad que sería niveles mayores del 70 % provocaría material degradado por mantenerse en fricción constante en el barril de inyección.

Por lo cual se diseña una plantilla para dicho análisis que se muestra en la Figura 13 Plantilla de análisis de capacidad de barril, tiempo de residencia y rate de producción.

De acuerdo al punto 3.5 Plan de análisis de datos se unifico en una sola plantilla dos pruebas que son capacidad de barril y tiempo de residencia, a esto se le agrego el

rate de producción que es el número de unidades de salida por unidad de tiempo que la empresa pretende fabricar para atender a la demanda que tiene con el cliente.

<b>Equivalencias</b>		<b>Sección 1</b>		<b>Sección 2</b>	
onzas= 0.035274 gramos					
<b>Registro de datos para Analisis de % de capacidad de inyeccion</b>			<b>Registro de datos para rate de produccion</b>		
Tecla numero de maquina	<input type="text"/>	Tecla peso de disparo (g):	<input type="text"/>	Tecla base de cantidad:	<input type="text"/> horas
capacidad de inyeccion (oz)	#N/D			Total de cavidades funcionales:	<input type="text"/> pzas
				Rate de produccion	#DIV/0! segundos por ciclo
% de la capacidad de inyeccion del barril	#N/D	<b>Identificacion de color</b>			
con factor de seguridad	#N/D	Aprobada Rechazada			
Se recomienda tamaños de inyección de entre 25% a 70% de la capacidad del cilindro. Si lo sumamos, además de un factor de seguridad de 10% para la salida de la válvula, un margen para descompresión y para garantizar que el plástico se funda uniformemente.					
<b>Tiempo de residencia</b>			<b>Sección 3</b>		
Peso incompleto:	<input type="text"/>	Capacidad de inyeccion (oz):	#N/D	Tiempo de residencia(min):	#N/D
Peso de disparo(g):	0			<b>Identificacion de color</b>	
				Aprobada Rechazada	
Tiempo de ciclo(sec)	<input type="text"/>	Disparos del barril :	#N/D inyectadas		
Se obtiene como resultado un tiempo de residencia entre los 3 a 5 minutos como tiempo aceptable					

**Figura 13** Plantilla de análisis de capacidad de barril, tiempo de residencia y rate de producción

Fuente: Elaboración propia

Para la realización de esta plantilla de requiere dos hojas de datos en Excel donde se encuentre la plantilla y la segunda hoja una tabulación donde se encuentre la información general por máquina que contiene lo siguiente:

- Máquina

- Relación de intensificación
- Diámetro de tornillo
- Capacidad de inyección
- Tonelaje

Mencionado lo siguiente se formula en la plantilla las fórmulas ya anteriormente escritas en 3.5 Plan de análisis de datos.

Se menciona a continuación el uso de la plantilla por secciones.

### **Sección 1**

La primera sección se denomina análisis de porcentaje de capacidad de inyección, esto inicia con teclear por el usuario el número de máquina y peso de disparo en gramos.

Esto está dado por las celdas de color blanco para introducir datos.

Una vez que el usuario ingrese las dos variables solicitadas se colocaran los datos del porcentaje de capacidad de inyección real y factor de seguridad que es el valor que nos importa.

Este valor se colocará dos colores rojo o verde que de acuerdo a la identificación de color nos menciona si se aprueba o rechaza la máquina.

Para mayor información para dar al usuario se coloca un área de información técnica con la siguiente información:

*“Se recomienda tamaños de inyección de entre 25% a 70% de la capacidad del cilindro.*

*Si lo sumamos, además de un factor de seguridad de 10% para la salida de la válvula, un margen para descompresión y para garantizar que el plástico se funda uniformemente.”*

## **Sección 2**

Se coloca la base de cantidad requerida de acuerdo a lo cotizado en tiempo cuyo dato es obtenido en la base de datos de la compañía y para finalizar las cavidades funcionales del molde.

Esto nos dará el tiempo de ciclo que requiere el cliente para producir las piezas que necesita.

## **Sección 3**

Se coloca el tiempo de ciclo actual de la máquina o de acuerdo a la hoja de verificación de parámetros de igual manera el peso de un disparo que esto es el peso de las piezas y vena en gramos.

Por lado contrario piezas con el menor grado de presión de inyección posible en unidades de gramos.

Esto nos dará la siguiente información

- Total de disparos disponibles por barril
- Tiempo de residencia

El valor de tiempo de residencia se colocará dos colores rojo o verde que de acuerdo a la identificación de color nos menciona si se aprueba o rechaza la máquina.

Al usuario se le proporciona la siguiente información

*“Se obtiene como resultado un tiempo de residencia entre los 3 a 5 minutos como tiempo aceptable”.*

Una prueba de laboratorio para la revisión de material degradado oscila \$4395 dólares cuyo resultado contra prueba con plantilla da valores similares, por lo cual da una orientación y así evitar realizar pruebas a laboratorio por lo cual sería una opción cuya necesidad lo amerite.

Se coloca un ejemplo en la figura 14 Aplicación de caso práctico de plantilla para análisis de capacidad de inyección, tiempo de residencia y rate de producción.

Como se aprecia en la imagen todo indica favorable para el análisis de este número de parte.

Lo cual se da de alta en estatus de la matriz de máquinas contra moldes como número de parte evaluado.

<i>Equivalencias</i>	<b>Sección 1</b>		<b>Sección 2</b>		
onzas= 0.035274 gramos					
<b>Registro de datos para Analisis de % de capacidad de inyeccion</b>		<b>Registro de datos para rate de produccion</b>			
Tecla numero de maquina	408	Tecla peso de disparo (g):	22.13		
capacidad de inyeccion (oz)	1.90		Tecla base de cantidad:	560 horas	
			Total de cavidades funcionales:	4 pzas	
			Rate de produccion	25.7 segundos por ciclo	
% de la capacidad de inyeccion del barril	41.08%	Identificacion de color Aprobada Rechazada			
con factor de seguridad	51.08%				
Se recomienda tamaños de inyección de entre 25% a 70% de la capacidad del cilindro. Si lo sumamos, además de un factor de seguridad de 10% para la salida de la válvula, un margen para descompresión y para garantizar que el plástico se funda uniformemente.					
<b>Tiempo de residencia</b>		<b>Sección 3</b>			
Peso incompleto:		Capacidad de inyeccion (oz):	1.90	Tiempo de residencia(min):	1.02
Peso de disparo(g):	22.13			Identificacion de color Aprobada Rechazada	
Tiempo de ciclo(sec)	25.1	Dísparos del barril :	2.43	Se obtiene como resultado un tiempo de residencia entre los 3 a 5 minutos como tiempo aceptable	
			inyectadas		

**Figura 14** Aplicación de caso práctico de plantilla para análisis de capacidad de inyección, tiempo de residencia y rate de producción

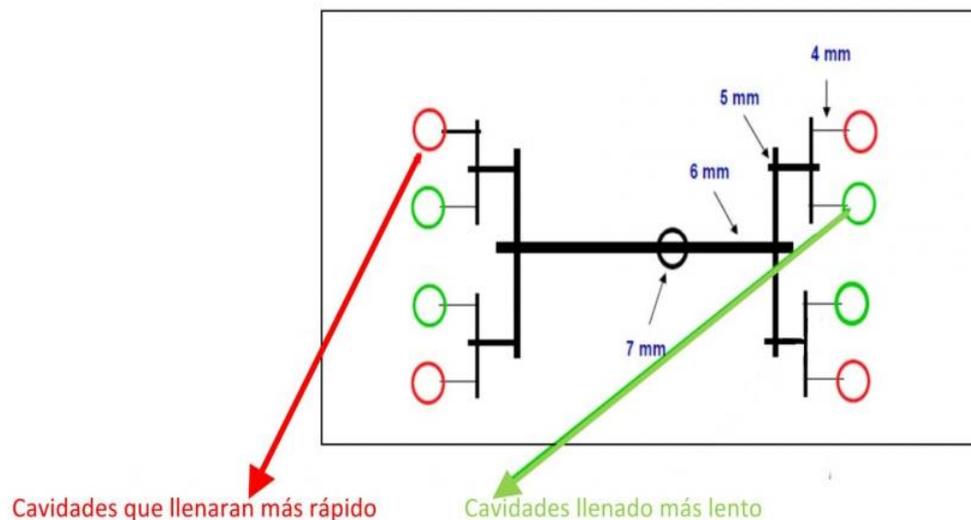
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4 Resultado de la hipótesis secundaria 3

“Los canales de conducción de plástico tomando en cuenta la profundidad del canal y anchura superando un 5% de variación de sus compuertas, donde se introduce y fluye el plástico provocan inestabilidad de la inyección de plástico adentro del molde”

Si, esto genera que el material se conduzca de forma inestable dentro del molde, este material llegara a las piezas de una forma no uniforme en cantidad de masa inyectada.

En la figura 15 Llenado de cavidades en proporciones diferentes, muestra claramente que las cavidades se llenan más rápido que las otras dentro del molde.

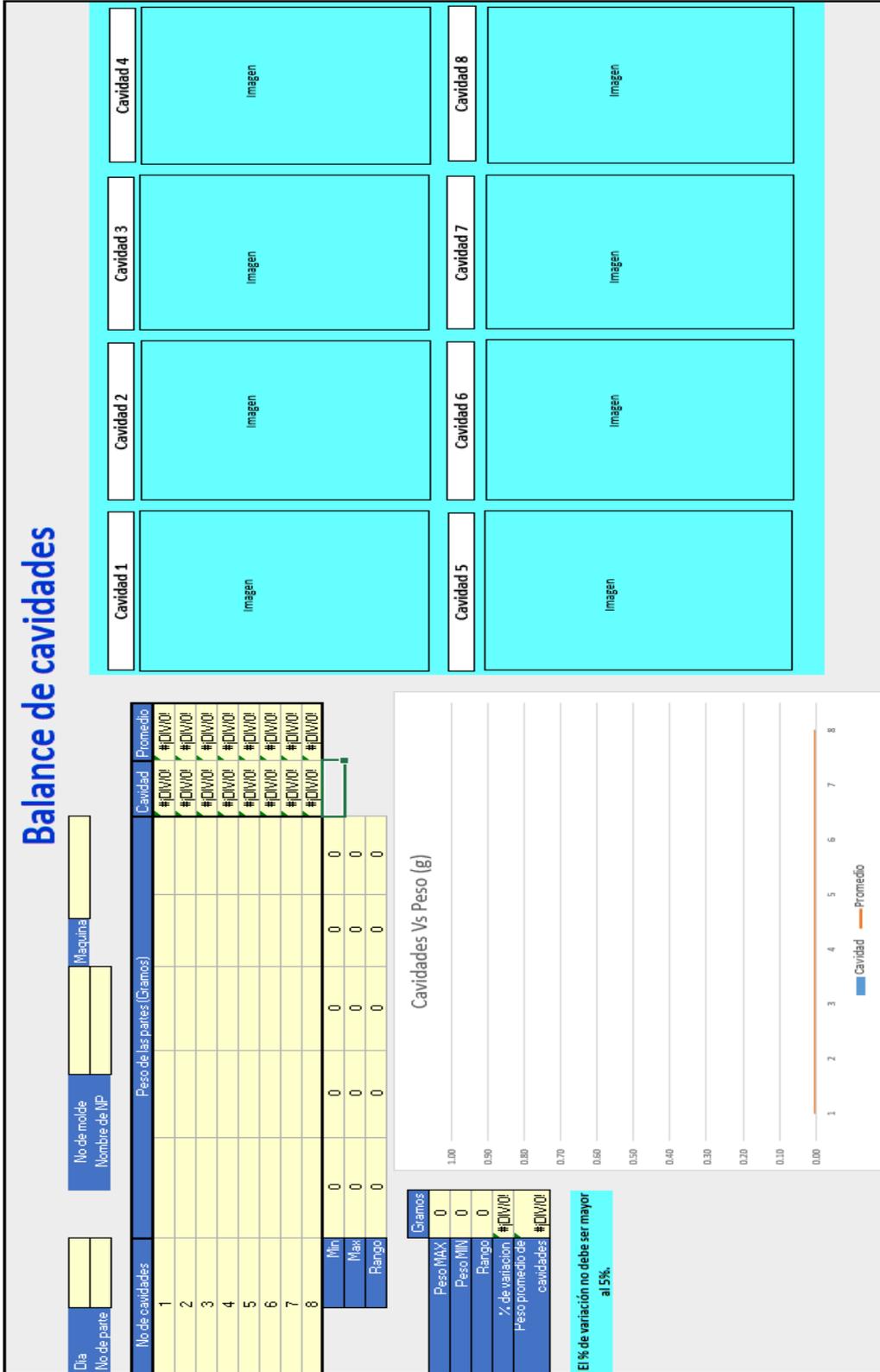


**Figura 15** Llenado de cavidades en proporciones diferentes

Fuente: (Lerma J. R., 2017)

Esto implica en evaluar el tipo de pieza plástica y su aplicación para diseñar un proceso especial de inyectado de plástico jugando con los parámetros de presión y velocidad de inyección.

Para ello se diseñó la siguiente plantilla que se muestra en la figura 16 Plantilla para balance de cavidades



**Figura 16** Plantilla para balance de cavidades

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

Esta plantilla contiene los siguientes:

- **Día**
- **Número de parte**
- **Número de molde**
- **Nombre de número de parte**
- **Máquina**
- **Sección de registro:** En esta sección se colocan el peso de 5 piezas por cada cavidad que contenga el molde
- **Sección de información de resultados:** Contiene peso máximo y mínimo, rango, porcentaje de variación, peso promedio de las cavidades.
- **Información teórica:** Se menciona que el porcentaje de variación no debe ser mayor de 5%.
- **Representación gráfica de pesos contra cavidades**
- **Sección de fotos de cavidades del estudio realizado.**

Los cálculos necesarios para realizar esta plantilla se describen en el capítulo 3.5 Plan de análisis de datos.

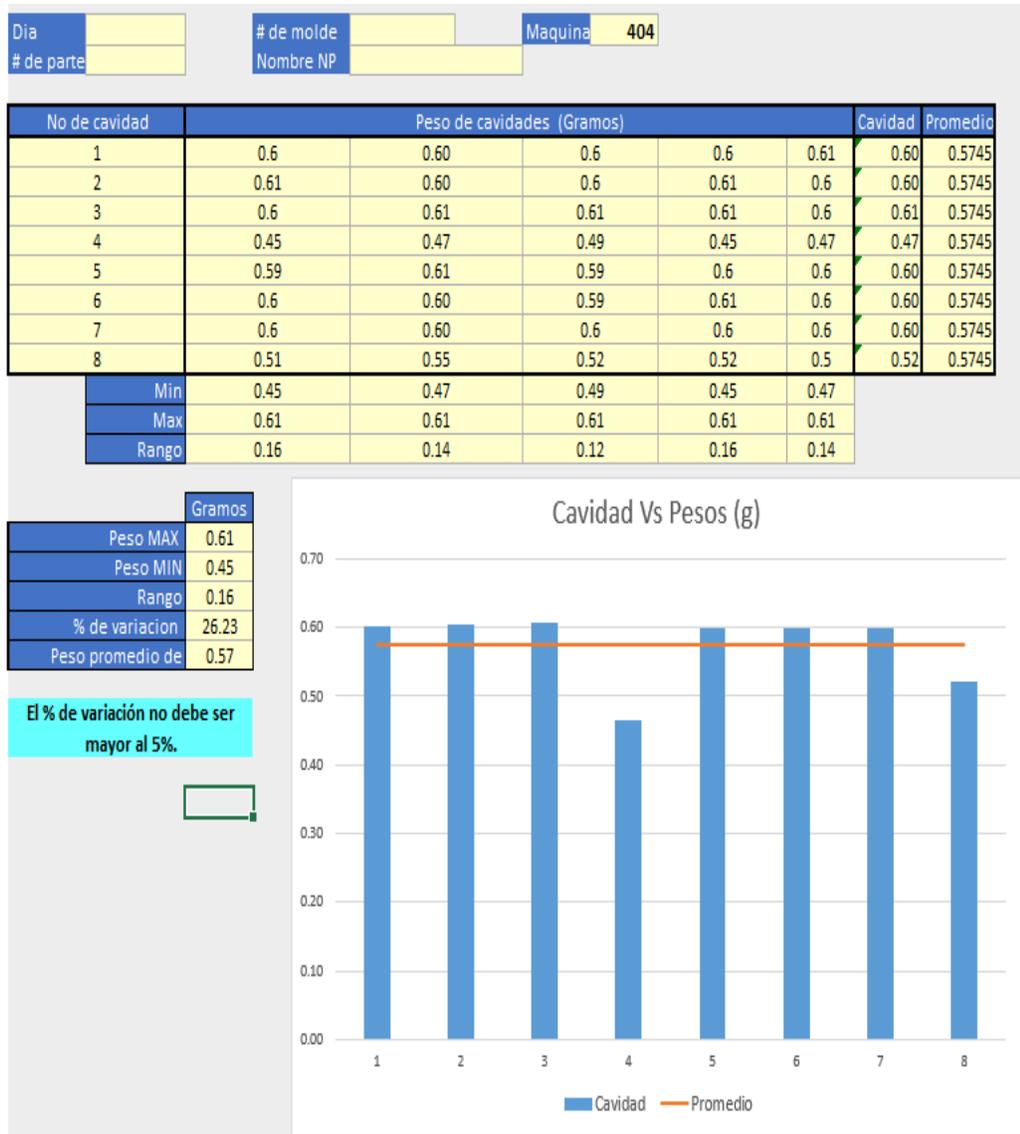
Se colocará la plantilla en dos secciones para su interpretación, en la figura 17 Caso práctico sección de datos de plantilla de balance de cavidades se registra los

datos; no se incluye datos de información sobre el número de parte que se trabaja por ser información confidencial.

En la tabulación se colocan todos los pesos que se obtuvo en esta prueba para validar el porcentaje de variación de llenado de las cavidades.

Estos datos nos dan la siguiente información para el análisis de la prueba

- Peso máximo de 0.61 gramos
- Peso mínimo de 0.45 gramos
- Rango de los datos de 0.16 gramos
- Variación de llenado de un 26.23 % dentro de las cavidades
- El peso promedio es de 0.57 gramos



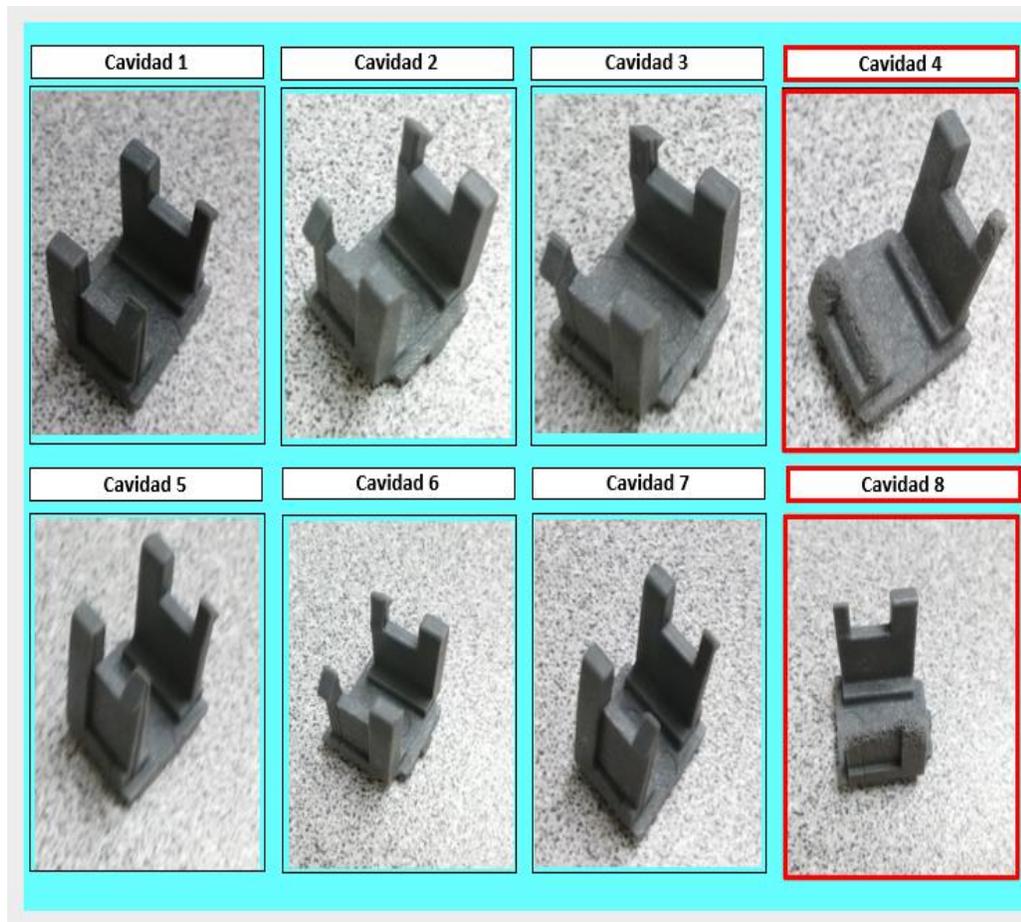
**Figura 18** Caso práctico sección de datos de plantilla de balance de cavidades

Fuente: Elaboración propia

De acuerdo a estos datos nos muestran en la gráfica de cavidad contra pesos las cavidades desiguales, esto nos menciona que la cavidad 4 con un promedio de 0.47 gramos y la cavidad 8 con un promedio 0.52 gramos presentan caídas y estas mismas están por debajo de la media.

Esto nos refleja que el proceso deberá buscar como llenar esas dos cavidades para evitar problemas mecánicos en la aplicación de las piezas.

En la figura 18 muestra las imágenes de las piezas y su mal inyectado de plástico, esto debido a los canales de conducción del plástico.



**Figura 19** Sección de imágenes de plantilla de balance de cavidades

Fuente: Elaboración propia

Como se describe en el análisis y grafica podemos ver que ese porcentaje afecta directamente a nuestras piezas plásticas.

Por lo cual este proceso requiere una observación constante por los técnicos de procesos para evitar enviar piezas en mal estado a nuestro cliente.

Ha esta problemática se le dio solución de contención por medio de los parámetros que ayudaran a mejorar estas condiciones, como segunda acción fue el mejoramiento del molde.

#### **4.5 Resultado de la hipótesis secundaria 4**

“Los tiempos de enfriamiento y llenado de las cavidades es relevante en el proceso de inyección y que amerita un previo análisis, no delimitando por copiar procesos similares.

Si, ya que este análisis nos apoya para un correcto tiempo de enfriamiento de nuestras piezas y el tiempo necesario para inyectar el plástico.

Esto a su vez nos proporcionara un ahorro de tiempo en modelos no evaluados, impactando en el tiempo de ciclo de la máquina produciendo de una forma más optima.

Por lo cual se desarrolla una plantilla para el análisis de tiempo de inyección, esta plantilla está elaborado con los puntos que se menciona en el capítulo 3.5 Plan de análisis de datos.

En la figura 16 Plantilla de sellado de compuerta está compuesta por los siguientes puntos:

#### **Sección de información**

- Número de pieza
- Descripción de parte

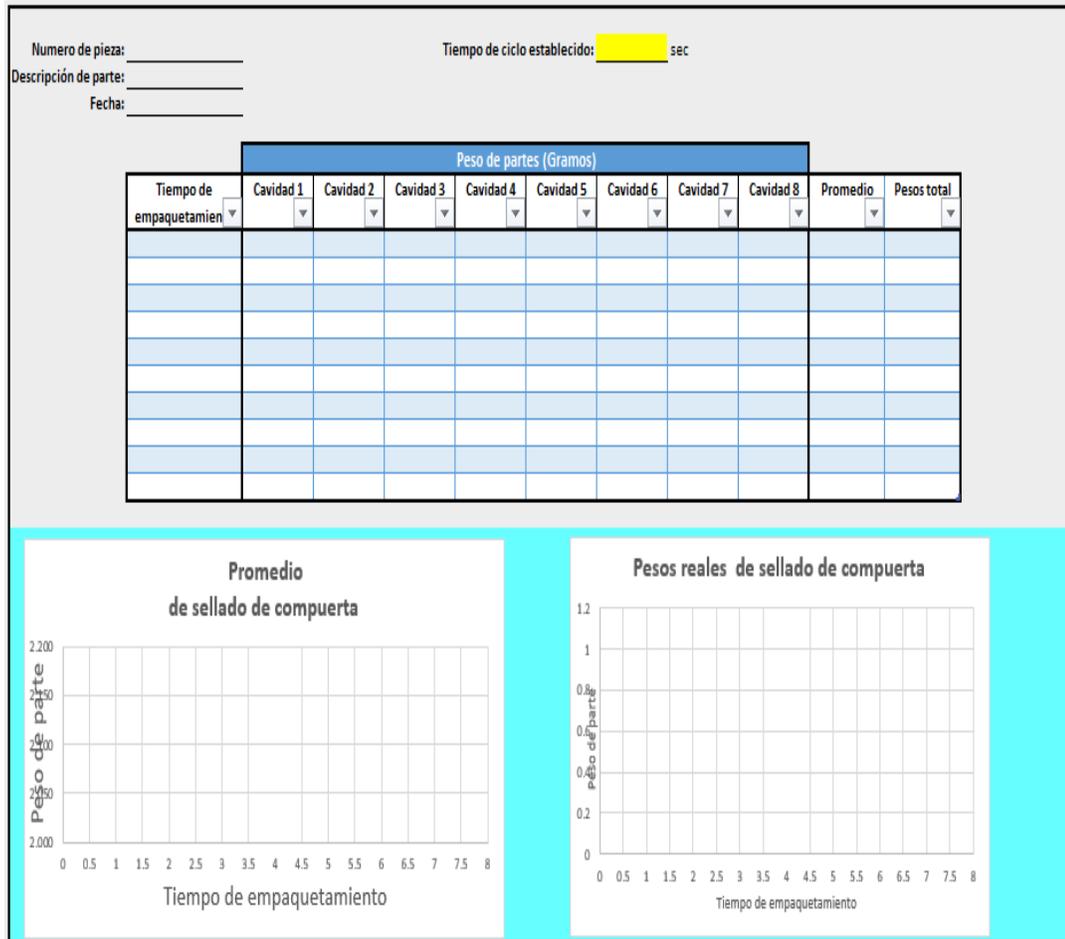
- Fecha
- Tiempo de ciclo establecido

### **Sección de registro**

- Tiempo de empaquetamiento
- Registro de pesos de cavidades
- Promedio
- Peso total

### **Sección grafica**

- Promedio de sellado de compuerta
- Pesos reales de sellado de compuerta



**Figura 20** Plantilla de sellado de compuerta

Fuente: Elaboración propia

Se coloca en la figura 20 Aplicación de tiempo de sellado de compuerta la aplicación por resguardo a la información del número de parte no se coloca, se ilustra el comportamiento del procesamiento de inyección de plástico con respecto a tiempo de inyección dentro del molde.

Numero de pieza: \_\_\_\_\_  
 Descripción de parte: \_\_\_\_\_  
 Fecha: \_\_\_\_\_

Tiempo de ciclo establecido: **25.1** sec

Tiempo de empaquetamiento	Peso de partes (Gramos)								Promedio	Pesos total
	Cavidad 1	Cavidad 2	Cavidad 3	Cavidad 4	Cavidad 5	Cavidad 6	Cavidad 7	Cavidad 8		
4	2.08	2.08	2.08	2.08	2.07	2.07	2.07	2.08	2.076	16.61
5	2.08	2.08	2.07	2.08	2.08	2.08	2.07	2.08	2.078	16.62
6	2.08	2.08	2.08	2.07	2.07	2.06	2.08	2.08	2.075	16.6
7	2.08	2.08	2.08	2.07	2.08	2.08	2.08	2.08	2.079	16.63
8	2.09	2.09	2.08	2.08	2.08	2.08	2.09	2.1	2.09	16.69
9	2.1	2.12	2.1	2.11	2.06	2.08	2.07	2.07	2.09	16.71
10	2.1	2.09	2.09	2.1	2.09	2.08	2.09	2.09	2.09	16.73
11	2.1	2.09	2.09	2.1	2.09	2.08	2.09	2.09	2.09	16.73
12	2.1	2.1	2.09	2.1	2.09	2.09	2.09	2.09	2.09	16.75
13	2.1	2.09	2.09	2.1	2.09	2.09	2.1	2.09	2.09	16.75

**Figura 21** Aplicación de tiempo de sellado de compuerta

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

Esta plantilla en su sección de registro, solo se captura los pesos en gramos de las piezas producidas con tiempo de inyección subiendo de 4 segundos a 13 segundos.

En la parte promedio, nos muestra la media de las 8 cavidades o piezas de plástico producidas esta columna es importante para determinar en qué tiempo en segundos dejara de meter más plástico dentro de cada pieza por lo cual, esto significa ahorro de tiempo.

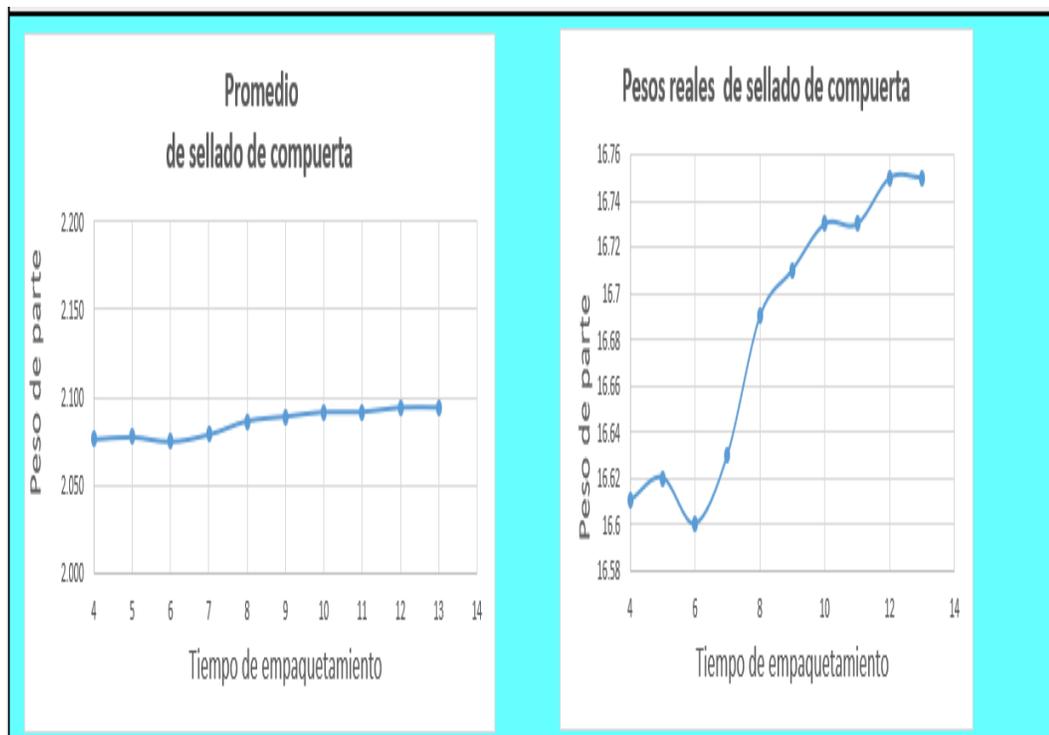
En este proceso se estableció inicialmente con 15 segundos de inyección por lo cual se puede observar que en promedio a los 8 segundos no se ingresa más material

ya que se enfría el plástico por la compuerta de llenado, esto significa que la máquina pierde tiempo sin darle un valor al proceso.

Para este caso se escaló a un límite superior que es por medio de la columna peso total donde apreciamos que a partir de 12 segundos nos da un patrón de no crecimiento.

Por lo cual la tolerancia para este parámetro es de tiempo de inyección de 8 a 12 segundos.

La figura nos muestra de forma gráfica el comportamiento de los pesos de las piezas con respecto a el tiempo de inyección de plástico.



**Figura 22** Sección grafica de sellado de compuerta

Fuente: Elaboración propia

Estas dos graficas ilustra el comportamiento en el tiempo de inyección de plástico en relación a peso de las piezas. El lado izquierdo ilustra el peso promedio mientras en su contraste el lado derecho es el total del peso ambas graficas en relación del tiempo de empaquetamiento y nos muestra la tendencia sin cambios en un cierto lapso del tiempo. Esto refleja que la curva sufre un cambio a partir en 8 segundos y en 12 segundos esto fue la especificación que se coloca en la hoja de verificación del proceso.

La siguiente plantilla muestra el tiempo de enfriamiento en las piezas plásticas y las dimensiones que involucran las piezas esta información se aprecia en la figura 22 Plantilla de tiempo de enfriamiento.

Numero de pieza: \_\_\_\_\_ Tiempo de enfriamiento establecido:  sec

Descripción de parte: \_\_\_\_\_

Fecha: \_\_\_\_\_

Característica /Especificación						
Tiempo de enfriamiento	Cavidades	Especificacion 1	Especificacion 2	Especificacion 3	Especificacion 4	Resultado
	cav #1					
	Cav#2					
Diferencias Vs especificacion	cav #1					
	Cav#2					
	cav #1					
	Cav#2					
Diferencias Vs especificacion	cav #1					
	Cav#2					
	cav #1					
	Cav#2					
Diferencias Vs especificacion	cav #1					
	Cav#2					

**Figura 23** Plantilla de tiempo de enfriamiento

Fuente: Elaboración propia

La Plantilla de tiempo de enfriamiento está compuesta por los siguientes puntos:

**Sección de información**

- Número de pieza
- Descripción de parte
- Fecha
- Tiempo de enfriamiento establecido

### **Sección de registro**

- Tiempo de enfriamiento
- Registro de cavidades
- Especificaciones
- Resultados

En la siguiente figura 23 Plantilla de tiempo de enfriamiento A) Parte 1 B) Parte 2 muestra la aplicación, por ser información confidencial se omite los datos del número de parte.

A)

Numero de pieza: _____		Tiempo de enfreamiento establecido: <b>25.1</b> sec				
Descripción de parte: _____						
Fecha: _____						
Característica /Especificacion						
Tiempo de enfreamiento	Cavidades	Longitud 212 +/- 0.5 mm. (211.5mm min A 212.5mm max)	Ancho 77.7 +/- 2.0 mm. (75.7mm min A 79.7mm max)	Diametro interno 7.00 +/- 0.2 mm (Debera cumplir con la siguiente regla 6.8mm GO 7.3mm)	Longitud 162.0 +/- 0.5 mm. (161.5mm min A 162.5mm max)	Resultado
7 Sec	cav #1	211.64	75.15	6.69	161.28	3 dimensiones fuera de especificacion
	Cav#2	211.63	75.18	Aceptable	161.17	
Diferencias Vs especificacion	cav #1	No requiere analisis	0.55	No requiere analisis	0.22	
	Cav#2		0.52		0.33	
8 Sec	cav #1	211.94	75.6	6.71	161.29	3 dimensiones fuera de especificacion
	Cav#2	21.97	75.62	Aceptado	161.27	
Diferencias Vs especificacion	cav #1	No requiere analisis	0.1	No requiere analisis	0.21	
	Cav#2		0.08		0.23	
9 Sec	cav #1	212.1	75.48	6.69	161.49	3 dimensiones fuera de especificacion
	Cav#2	212.11	75.6	Aceptado	161.37	
Diferencias Vs especificacion	cav #1	No requiere analisis	0.22	No requiere analisis	0.01	
	Cav#2		0.1		0.13	

B)

Numero de pieza: _____		Tiempo de enfriamiento establecido: <b>25.1</b> sec				
Descripción de parte: _____						
Fecha: _____						
Característica /Especificación						
Tiempo de enfriamiento	Cavidades	Longitud 212 +/- 0.5 mm. (211.5mm min A 212.5mm max)	Ancho 77.7 +/- 2.0 mm. (75.7mm min A 79.7mm max)	Diametro interno 7.00 +/- 0.2 mm (Debera cumplir con la siguiente regla 6.8mm GO 7.3mm)	Longitud 162.0 +/- 0.5 mm. (161.5mm min A 162.5mm)	Resultado
10 Sec	cav #1	212.78	72.92	6.69	162.26	3 dimensiones fuera de especificacion
	Cav#2	212.97	76.111	Aceptado	162.36	
Diferencias Vs especificacion	cav #1	0.28	4.78	No requiere analisis	0.26	
	Cav#2	0.47	1.589		0.36	
11 Sec	cav #1	212.55	75.82	6.67	161.8	3 dimensiones fuera de especificacion
	Cav#2	212.58	75.96	Aceptado	161.76	
Diferencias Vs especificacion	cav #1	0.05	1.88	No requiere analisis	0.3	
	Cav#2	0.08	1.74		0.26	
12 Sec	cav #1	212.57	75.9	6.67	162.01	2 dimensiones fuera de especificacion
	Cav#2	212.78	76.06	Aceptado	162.03	
Diferencias Vs especificacion	cav #1	0.07	1.8	No requiere analisis	0.01	
	Cav#2	0.28	1.64		0.03	
13 sec	cav #1	212.86	75.89	6.65	161.78	2 dimensiones fuera de especificacion
	Cav#2	213.03	76.03	Aceptado	161.86	
Diferencias Vs especificacion	cav #1	0.36	1.81	No requiere analisis	0.22	
	Cav#2	0.53	1.67		0.14	

Figura 24 Plantilla de tiempo de enfriamiento A) Parte 1 B) Parte 2

Fuente: Elaboración propia

**Interpretación:**

Esta plantilla se inicia colocando los tiempos de enfriamiento que se irá cambiando para ver el comportamiento en las piezas.

Por lo cual es necesario colocar las cavidades que tiene el molde, por medio del apoyo del departamento de calidad se pide el apoyo para medir las piezas que se entregaran con los diversos tiempos de enfriamiento.

Las medidas se registran en la sección de especificación en esta aplicación tenemos dos longitudes, ancho, diámetro interno el cual se coloca con color rojo las medidas que estén fuera de especificación. Estas dimensiones fuera de especificación se colocan de color rojo y dentro de especificación de color verde.

Una vez identificado las medidas fuera de especificación se realiza el cálculo de cuanto esta fuera de especificación la cual se coloca en la diferencia Vs especificación que es la sección de color azul. Con base a esta información se toma la decisión en que tiempo se tomara la utilización del tiempo de enfriamiento esto claro con el menor número de especificaciones fuera, esta información está plasmada en la sección de resultados.

En esta aplicación se determinó que el tiempo que se corre de enfriamiento es de 12 segundos por tener menos especificaciones fuera y teniendo en cuenta que se diagnosticó que el molde requiere ajuste para poder lograr estar dentro de las especificaciones requeridas.

# **CAPÍTULO V**

# **CONCLUSIONES**

## CAPÍTULO V CONCLUSIONES

Este proyecto es enriquecedor ya que brinda un panorama de optimización de recursos que definirá que maquinaria requiere o ver si hay insuficientes maquinas contra su mayor requerimiento de producción.

En temas de reducción de tiempo y niveles de desperdicio apoyado con un enfoque científico y sobre todo cultural es visualizado dentro de las pruebas que se establecerá, ya que los tiempos perdidos por retrabajo o ajustes en máquinas se pueden negociar con los clientes dueños de los moldes. Dara una ventaja de tener una sana economía y evitar fugas de capital por trabajos innecesarios ya que el costo perdido es absorbido por nuestros clientes.

Otro punto relevante son los criterios para los arranques de números de parte con una decisión más educada y obteniendo valores que nos dan una orientación en tiempo real contra datos históricos de producción.

Mejora la calidad de productos y enriqueciendo aspectos técnicos para el personal involucrado con la interacción de las máquinas.

Este proyecto despeja paradigmas de trabajo en el área de transformación de plástico dando un énfasis más analítico para solución de problemas manteniendo una cultura de mejora continua.

Establece métodos estandarizados sin realizar metodologías de mayor análisis profundo como lo puede ser un diseño experimental ahorrando costos en desperdicios de pruebas.

Dentro de la aplicación de la empresa donde se aplica esta metodología, sufrió gastos que fueron ocasionados por defectos en piezas lo cual la parte cultural formo parte importante para a ver reaccionado para evitar gastos que se menciona, ya que los datos de las pruebas lo diagnosticaron de forma anticipada.

En este caso de ejemplo surge en un lanzamiento de un nuevo proyecto para nuestro cliente, se solicita la creación del nuevo molde para crear las piezas.

En esta serie de creación de moldes no se realiza una evaluación o presentación de información de certificación de herramientas como parámetros para poder crear piezas. Con esto nos da la pauta de la aplicación de las pruebas de moldeo y analizar el molde, lo cual las pruebas nos diagnosticaron que el molde requiere un retrabajo y un mejoramiento en su diseño para producir piezas de calidad.

Se documenta la información como se aprecia en ejemplos de las pruebas en 3.6 plan de presentación al responsable del proyecto, poniendo en juego el papel cultural del análisis de datos.

Esta mala toma de decisión se reflejó en una queja de garantía de piezas con un cargo monetario de \$101,342 dólares por piezas que se quebraban en la aplicación de las piezas.

En otro proyecto de lanzamiento similar tomo un costo de \$82,273 dólares.

Como podemos apreciar estos costos se pudieron prevenir y eliminarlos si se hubiera gestionado de una forma más apropiada en el dialogo con el cliente.

Por lo cual los gastos pueden ser considerados y a su vez en una gran medida reducirlos si tenemos una cultura de prevención y planes de diagnóstico de nuestros procesos de fabricación.

Por lo cual estas metodologías aplican en cualquier situación y dar un alivio a gastos, y a su vez hacer pronósticos de desgaste de moldes que cuente una compañía.

**Fuentes de Información**

Arter, D. (2004). *Auditorías de la calidad para mejorar su comportamiento*.

Milwaukee: ASQ Quality Press.

Beltrán, M., & Marcilla, A. (2011). Tecnología de polímeros. *Inyeccion*, 276.

Deligio, T. (2018). Advantage Engineering y Novatec unen esfuerzos. . *Plastics Technology México*, 3.

Fimmtech. (01 de 01 de 2007). *Moldeo por inyeccion*. Obtenido de <http://www.injectionmoldingonline.com/ProcessingTheory/CavityBalance.asp>

x

Flández Izquierdo, C. (28 de 3 de 2018). Plan de Control de Proceso. *Ingeniería de automatización*, pág. 3.

Juan, L., Kirschenbaum, M., & Crowe, C. (2011). *Polimeros*. Argentina : Colección Encuentro Inet.

Lerma, J. R. (11 de 11 de 2016). La importancia del tiempo de permanencia, el parámetro oculto. *Plástico*, pág. 3.

Mariano. (2011). Tecnología de los Plásticos. 3.

Martin , R. (12 de 02 de 2013). Operación y control de máquinas de inyección. *Maquinas de inyeccion*, pág. 3.

Mite, D., Mera, H., & Vargas, L. (2015). Optimización de Parámetros de Reglaje Para Mejorar la Eficiencia de Máquinas Inyectoras de Termoplásticos. 9.

Routsis, T. (2000). *Scientific Molding Pocket Guide*. Dracut: A.Routsis Associates inc.

Velasco Sánchez, J., & Llorente, J. (2016). Glosario de Términos para Moldeo Termoendurecido. *Procedia Manufacturing*, 1-4. Obtenido de <http://bibliotecavirtual.unad.edu.com>