



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**REDISEÑO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA  
ACCESORIOS DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO AUTOMOTRIZ**

**BATISTA FRANKLIN**

**VALIDO YIBEHT**

**VALENCIA, DICIEMBRE 2008**



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA**



**REDISEÑO DE UN SISTEMA DE INYECCIÓN DE PLÁSTICO PARA  
ACCESORIOS DE SISTEMAS DE AIRE ACONDICIONADO  
AUTOMOTRIZ**

**TRABAJO DE GRADO PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE  
UNIVERSIDAD DE CARABOBO PARA OPTAR AL TITULO DE  
INGENIERO MECÁNICO**

**TUTOR: Dr. Ing. Luis Vallés**

**BATISTA FRANKLIN**

**VALIDO YILBEHT**

**VALENCIA, DICIEMBRE 2008**



**UNIVERSIDAD DE CARABOBO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE INGENIERIA MECÁNICA**



### **CERTIFICADO DE APROBACIÓN**

Los abajo firmantes, miembros del jurado designados para evaluar el trabajo especial de grado titulado **“Rediseño de un sistema de inyección de plástico para accesorios de sistemas de aire acondicionado automotriz.”**, realizado por los bachilleres: **Batista Franklin**, cedula de identidad: **12.905.025** y **Válido Yilbeth**, Cedula de identidad: **16.811.545**, hacemos constar que hemos realizado y aprobado dicho trabajo.

---

Prof. Dr. Luis Vallés

Presidente del jurado

---

Prof. Jorge Romero

Jurado

---

Prof. Nelsón Vílchez

Jurado

**VALENCIA, DICIEMBRE 2008**

## **AGRADECIMIENTOS**

Primero ante todo darles gracias a Dios a todas las personas que estuvieron con nosotros en esta lucha que es fuerte, por ayudarnos en nuestra meta.

Abrahán alayón, tutor industrial, por haber compartido sus conocimientos en pro en desarrollo de este estudio, y brindarnos su apoyo en todo momento y sobre todo, por habernos ofrecido su invaluable amistad.

A los profesores que estuvieron con nosotros en esta lucha como los el Doctor Luis Vallés, el profesor Jorge Romero, y Nelson Vilchez impartiéndonos valiosos conocimientos que nos fueron de gran ayuda.

A todas las organización de la empresas FAACA por su inmensa colaboración fundamentalmente a los miembros de las planta de plásticos.

A nuestros familiares, padres, hermanos y tíos que nos apoyaron y brindaron todo apoyo y cariño como siempre lo han hecho.

A nuestro amigo de la universidad, en especial a Elianne Rosillo por estar siempre con nosotros en esta lucha, mi compañero Jesús Bracamonte y su gran compañera Yohanna de Bracamonte y su niña querida Grecia Anahi Grecia y de mas amigos Alirio Berrio, Sánchez William.

Y gracias a la universidad de Carabobo por darnos la oportunidad por ser profesionales de provecho.

## **DEDICATORIA**

A mis padres Wilmer y Saida y a mis hermanas Yiset y Yeselys que me han apoyado a lo largo de mis estudios y de mi vida; me inculcaron valores y me hicieron la persona que hoy en día soy gracias a ustedes.

A mis tíos Abraham Alayón y Nancy de Alayón por todo su ayuda a lo largo de toda mi carrera y en especial en la tesis, a mis primos Yeri y Daniel, quienes de distintas maneras me ayudaron a la realización de este trabajo.

Yilbeth Válido

A mi abuelos Antonio que dios lo tenga en su santo cielo que me ayudo en esta meta, a mi abuela que está pendiente de mi en todo momento, a mis tíos maría, Ramón, Pedro, a mis hermanos y primos, mi madre y padre que de una manera me ayudaron en este destino que es bastante fuerte.

Franklin Batista

A todos a aquella persona s que en este momento se me escapa de la mente lo quiero de todo corazón.

## **RESUMEN**

En el siguiente trabajo de grado se presentan los análisis y resultados al Rediseñar una máquina para el moldeo por inyección de plástico, para la fabricación de accesorios de aire acondicionado automotriz.

El tema de este proyecto de grado se obtuvo de la empresa FAACA. El cual se dedicada a la fabricación de partes y piezas para la industria automotriz y cuyos principales clientes son las ensambladoras de vehículos y el mercado de reposición (repuestos), ha visto crecer su demanda de manera constante en los últimos años motivado al crecimiento experimentado en la ventas de vehículos en el país, por tal razón su producción ha ido creciendo a este mismo nivel para poder satisfacer su demanda.

En este incremento constante de la producción se han detectado algunas debilidades que limitan la curva de crecimiento, siendo la de mayor importancia el bajo rendimiento de las máquinas de inyección de plásticos, las cuales no están logrando los objetivos establecidos.

Para el desarrollo del proyecto de grado se realizo una revisión bibliograficas y visitas a la empresa, con el fin de recopilar información, detectar las posibles fallas y conocer el proceso de inyección de plástico, así como también los parámetros característicos de las máquinas inyectoras.

Como resultados y análisis se presenta, el rediseño de algunas partes del sistema mecánico y la potencia para las Resistencias Eléctricas. Entre las partes a estudiar se encuentra el tornillo sinfín el cual presenta picaduras y deformaciones, para solucionar esto, se plantea el cambio de material del acero AISI 4140 para el acero AISI 4340, soportando la deformación, la fatiga, pandeo y torsión. Las características del tornillo son diámetro 0.095mm, longitud total 2.06m.

También en el rediseño se encuentra el barril el cual se garantiza que el material con que esta hecho AISI 4140 resista el esfuerzo longitudinal (261,77Nm) y el esfuerzo transversal (523,54Nm). Por otra parte se encuentra una disminución del número de válvula de 26 a 17 y la unión de la bomba de alta con la de baja, aumentando la velocidad de cierre, apertura y las presiones.

El estudio de la factibilidad económica indica que el costo aproximado del rediseño es 68800 Bolívares fuertes y se recupera la inversión en el primer año. Todo esto se comprueba con los cálculos de valor actual y tasa interna de retorno.

Por otro parte mediante el rediseño, se pudo constatar que no existen limitaciones en cuanto a la tecnología necesaria para la fabricación de los diversos componentes que integran la máquina.

## NOMENCLATURA

SIMBOLOS	DESCRIPCION	UNIDAD
A	Área	m <sup>2</sup>
C	Capacidad radial nominal de catalogo	KN
Cc	Relacion de esbeltez	-
Ci	Capacidad de inyección	Kg/s
D	Diámetro del tornillo	m
e	Espesor del barril	m
F <sub>D</sub>	Carga de diseño radial requerida	KN
h <sub>ZB</sub>	Profundidad en zona de bombeo	m
h <sub>ZC</sub>	Profundidad en zona de compresión	m
I	Inercia	m <sup>4</sup>
K	Constante	W/°C
L	Longitud	m
L <sub>acoplamiento</sub>	Longitud de acoplamiento del tornillo	m
L <sub>Tornillo</sub>	Longitud del Tornillo	m
L <sub>tolerancia</sub>	Longitud de tolerancia del tornillo	m
L <sub>R</sub>	Vida nominal de catálogo	-
L <sub>D</sub>	vida de diseño requerido	-

Le	Longitud especifica	m
L <sub>ZB</sub>	Longitud de la zona de bombeo	m
N	factor de seguridad	-
n <sub>D</sub>	velocidad de diseño requerida	RPM
n <sub>R</sub>	velocidad nominal de catálogo	RPM
P	carga dinámica radial equivalente	KN
P <sub>iny</sub>	Presión de inyección	Pa
Q	transferencia de calor	Watts
Q <sub>D</sub>	Flujo Volumétrico de arrastre	m <sup>3</sup> /s
Q <sub>p</sub>	Flujo Volumétrico de presión	m <sup>3</sup> /s
Q <sub>L</sub>	Flujo Volumétrico de filtración	m <sup>3</sup> /s
Re	Razón de esbeltez	-
ri	radio interno	m
r <sub>giro</sub>	Radio de giro	m
ro	radio externo	m
Rpm	Velocidad de rotación del tornillo	RPM
s	Ancho de filete	m
SME	energía mecánica especifica	J / Kg
T <sub>v</sub>	Tiempo de apertura del molde + Tiempo de cierre del molde	S

$T_i$	Tiempo de inyección	S
$T_i$	temperatura interna	S
$T_s$	Tiempo de enfriamiento dentro del molde	S
$T_o$	temperatura externa (ambiente)	°C
Z	relación de compresión	-
$\theta$	Angulo de hélice	°
$\mu$	Viscosidad de polietileno	Pa.s
$\delta$	Holgura del filete	m
$\beta$	Angulo de inclinación de las hélices en el plano XZ	°
$\alpha$	Angulo de inclinación de las hélices en el plano XY	°

## ÍNDICE

AGRADECIMIENTO.....	IV
DEDICATORIA.....	V
RESUMEN.....	VI
NOMENCLATURA.....	VIII
INTRODUCCIÓN.....	XXI
CAPÍTULO I.....	3
SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.1 Introducción.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.2 Descripción del problema.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.3 Formulación del problema.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4 Objetivos:.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.1 Objetivo general.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.4.2 Objetivos específicos.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.5 Limitaciones.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.6 Delimitación y/o alcances.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.7 Justificación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
1.8 Antecedentes de la investigación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
CAPÍTULO II.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
FUNDAMENTOS TEÓRICOS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.1 Introducción.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2 Inyección de plástico. [11].....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.1 Moldeo por inyección.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.2 El Principio del moldeo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.2.3 Molde. [11].....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3 Variables del proceso de inyección [12].....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.1 Temperaturas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.1.1 Temperatura de proceso.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.2 Velocidades.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.2.1 Velocidad de cierre de molde.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.2.2 Velocidad de apertura de molde.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.2.3 Velocidad de plastificación.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.2.4 Velocidad de inyección.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.2.5 Velocidad de expulsión.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.3 Presiones.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
2.3.3.1 Primera presión de inyección.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

2.3.3.2	Segunda presión de inyección.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.3.3	Contrapresión.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.3.4	Descompresión.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.3.5	Presión de expulsión.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.3.6	Presión de retorno expulsión.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.4	Distancias.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.4.1	Distancia de dosificación (inyección) y espesor del colchón.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.4.2	Distancia de conmutación a segunda presión.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.4.3	Distancia de apertura de molde.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.4.4	Distancia de expulsión.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5	Tiempos.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5.1	Tiempo de inyección.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5.2	Tiempo de post presión.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5.3	Tiempo de plastificación.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5.4	Tiempo de enfriamiento.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5.5	Tiempo de ciclo.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5.6	Fuerza de cierre.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.3.5.7	Presión de cierre.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.4	Ciclo de moldeo. [9].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.4.1	En el ciclo de moldeo se distinguen 6 pasos principales.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5	Máquina de inyección. [7].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5.1	Unidad de inyección.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5.2	Unidad de cierre: [1].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5.3	Unidad de control de proceso [1].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5.4	Unidad de potencia. [1].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5.6	Sistema de potencia hidráulico.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.5.6.1	Ventajas (Del motor hidráulico con el motor eléctrico).....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6	Ciclo de inyección. [5].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.1	Cierre del molde.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.2	Inyección.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.3	Presión de sostenimiento.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.4	Nueva plastificación.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.5	Extracción.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.6.6	PVT (Relaciones de presión-Volumen-Temperatura). [1].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.7	Viscosidad. [12].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.8	Ventilación y presión. [1].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.10	Defectos, Razones y Soluciones en Partes Moldeadas. [12].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.11	Plásticos. [3].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.11.1	Propiedades de los Plásticos.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.12	Barril. [5].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.13	El Tornillo [5].....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.13.1	Hacia delante.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
2.13.2	Hacia atrás gira.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>

2.13.3 Al tornillo se le pretende dividir en tres zonas: Traslado, compactado y homogenizado. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.13.4 Relaciones del tornillo.....	¡Error! Marcador no definido.
2.14 Resistencias eléctricas. [2].....	¡Error! Marcador no definido.
2.14.1 Resistencias eléctricas tipo cartucho. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.14.1 Cartuchos de alta carga. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.14.3 Resistencias de boquilla blindada. ....	¡Error! Marcador no definido.
2.14.4 Resistencias de abrazadera.....	¡Error! Marcador no definido.
2.15 Válvulas. [6] .....	¡Error! Marcador no definido.
2.15.1 Tipos de válvulas. [7].....	¡Error! Marcador no definido.
2.15.1.1Válvula de control.....	¡Error! Marcador no definido.
2.15.1.2 Válvulas de globo.....	¡Error! Marcador no definido.
2.15.1.3 Válvulas de bola. ....	¡Error! Marcador no definido.
CAPÍTULO III .....	¡Error! Marcador no definido.
MARCO METODOLÓGICO .....	¡Error! Marcador no definido.
3.1. Introducción.....	¡Error! Marcador no definido.
3.2. Nivel de la investigación. ....	¡Error! Marcador no definido.
3.3. Diseño de la investigación. ....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.1. Investigación de campo. ....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.2. Fundamentos teóricos.....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.3. Evaluación del sistema de inyección de plástico. ¡Error! Marcador no definido.	
3.3.4. Determinación de las condiciones requeridas por el sistema.¡Error! Marcador no definido.	
3.3.5. Establecer las consideraciones iniciales necesarias para proponer el rediseño del sistema. ....	¡Error! Marcador no definido.
3.3.6. Proponer alternativas para el rediseño del sistema.¡Error! Marcador no definido.	
3.3.7. Estudio de la factibilidad económica.....	¡Error! Marcador no definido.
3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.....	¡Error! Marcador no definido.
3.5. Alternativa de solución propuesta. ....	¡Error! Marcador no definido.
3.5.1. Determinar las condiciones de trabajo requeridos.¡Error! Marcador no definido.	
3.5.2. Evaluar las condiciones de funcionamiento actuales del sistema de la máquina de inyección de plástico. ....	¡Error! Marcador no definido.
3.5.3. Comparar y establecer diferencia entre la máquina actual y los requerimientos.....	¡Error! Marcador no definido.
3.5.4. Evaluar los cambios necesarios al sistema de inyección para su adecuado proceso. ....	¡Error! Marcador no definido.
3.5.5. Estudiar un plan de trabajo que garantice el mejor funcionamiento de la máquina. ....	¡Error! Marcador no definido.
3.5.6. Comprobar los parámetros y procesos necesarios para el rediseño de la máquina. ....	¡Error! Marcador no definido.
3.5.7. Evaluar la factibilidad económica y técnica.....	¡Error! Marcador no definido.

CAPÍTULO IV .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.1 Introducción.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Valores                      considerados                      para                      el	
rediseño.....	<b>¡Error! Marcador no</b>
	<b>definido.</b>
4.2 Rediseño del tornillo sinfin.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2.1 Torsión .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2.1.1 Tipos de material.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2.2 Deflexión lateral del tornillo Sinfin.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2.2.1 Ecuaciones de deformación máxima:.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2.2.2 Cálculo para la selección de Rodamiento del tornillo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2.3 Pandeo en el tornillo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.2.4 Fatiga en el tornillo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.3 Diseño del Barril.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.4 Cálculo de la Potencia para las Resistencias Eléctricas.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.5 Sistema Hidráulico .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
4.7 Estudio de Factibilidad Económica .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
CAPÍTULO	
V.....	<b>¡Error!</b>
	<b>Marcador no definido.</b>
5.1 Introducción.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.2 CONCLUSIONES.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
5.3 RECOMENDACIONES .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
ANEXO 1.....	121
ANEXO 2.....	122
ANEXO 3.....	123
ANEXO 4.....	124
ANEXO 5.....	125
ANEXO 6.....	126
ANEXO 7.....	127
ANEXO 8.....	128
ANEXO 9.....	129
ANEXO 10.....	130
ANEXO 11.....	131

ANEXO 12.....	132
ANEXO 13.....	133
APENDICE.....	134

## ÍNDICE DE FIGURA

Figura N° 1 Sistema de inyección .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 2 Vista de al máquina lateral izquierdo ..	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 3 Vista de al máquina lateral derecho.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 4, Esquema de un molde comercial prefabricado;	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 5 Corte transversal de una parte de un inyector de plástico;	<b>¡Error! Marcador no de</b>
Figura N° 6 Unidad de cierre.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 7 Unidad de control de procesos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 8 Cierre de molde .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N°10 Aplicación de la presión de sostenimiento;	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 11 Aplicación de la presión de sostenimiento;	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N°12 Plastificación del material .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Fuente:.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 13 Enfriamiento y extracción de la pieza;	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 14 Diseño de flujo. ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 15 enlaces de átomos .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 17 Partes del Tornillo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 18 Cañón y tornillo a pequeña escala ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 19 Juego del tornillo .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 20 Partes de la resistencia eléctrica .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 21 Resistencias tipo cartucho .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 22 Resistencias de Boquilla Blindada ....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 23 Resistencias de Abrazadera .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 24 Válvula de globo.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
Figura N° 25 Válvula de bola.....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

- Figura N° 39 Longitudes del tornillo sin fin ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 40 Diagrama de cuerpo libre ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Fuente: Batista y Valido (2008) ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 41 Diagrama de velocidad y momento ... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura N°42 Tornillo sin fin en funcionamiento..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 43 Diagrama de deformación máxima .. ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 44 Rodamiento..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 45 Vista frontal del Barril ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 46 Vista de la máquina ..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 47 Vista del sistema Hidráulico..... ;**Error! Marcador no definido.**
- Figura N° 48 Esquema 1 Reforma planteada a el sistema hidráulico; **Error! Marcador no def**

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1	Soluciones a los problemas más comunes en partes moldeadas	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla N° 2	Soluciones a los problemas más comunes en partes moldeadas	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla N° 3	Cartas técnicas de algunos plásticos .....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla N° 3.1.	Operación de la máquina .....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla N° 4	Valores característicos dala máquina de inyección	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla N° 5	Aceros para la fabricación del tornillo..	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla N° 6	Aceros para la fabricación del tornillo..	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla N° 8	Inversión inicial .....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla N° 9.	Cálculos económicos VA.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>
Tabla N° 10	Cálculos económicos TIR.....	;	<b>Error! Marcador no definido.</b>

## INTRODUCCIÓN

FAACA empresa Venezolana ubicada en la población de Cúa en el estado Miranda dedicada a la fabricación de sistemas de aires acondicionado para vehículos, sistemas de enfriamiento, ducterías, consolas, etc. Cuenta en su proceso de fabricación con el sistema de moldeo por inyección utilizando máquinas para inyección de plástico. La demanda de sus productos se ha visto incrementada en los últimos meses motivados al aumento en las ventas de vehículos en el país, lo que los ha obligado a incrementar sus volúmenes de producción. Este incremento de producción se ha visto limitado debido a que las maquinarias para la inyección de plástico no son capaces de lograr los volúmenes necesarios, motivo por el cual se plantea este proyecto, detallado de la siguiente manera:

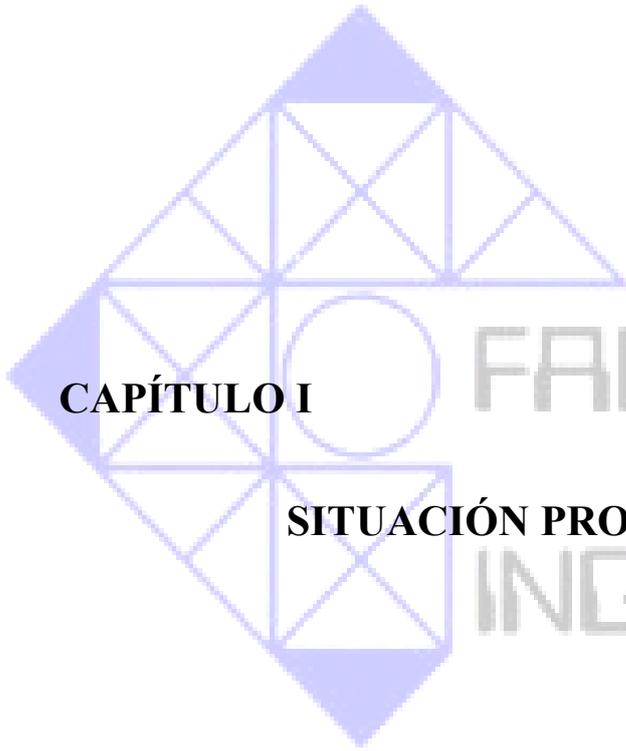
En el capítulo I, se presenta la situación problemática exponiendo los objetivos a alcanzar durante la investigación, con sus respectivas limitaciones y justificaciones.

En el capítulo II, se muestra los fundamentos teóricos necesarios para el rediseño de la máquina, especialmente se hace más hincapiés en 4 partes las cuales son fundamentales para el proyecto, como es la resistencias térmicas para garantizar que el polietileno contenga la temperatura adecuada para su fluidez, el tornillo y el barril la cual impulsa el polietileno para su inyección. También, las válvulas que realizan la función de regula las presiones en los moldes.

En el capítulo III, se describe todo lo concerniente a la sistematización del estudio, implica esto, la descripción del tipo y diseño de investigación, de la misma manera se describe las técnicas o herramientas que se utilizarán para obtener los datos necesarios. También se conocerá la evaluación de la máquina condiciones de trabajo, determinación de la mejor solución y factibilidad económica de realizar el rediseño de la máquina.

En el capítulo IV se presenta los cálculos y el resultado correspondientes a cada uno de los objetivos el cual se plantea el rediseño de Tornillo sin fin, la Resistencia, el Barril, y la disminución de las válvulas

Por último en el capítulo V se presenta las conclusiones y recomendaciones, las referencias bibliográficas y los apéndices de todos los datos correspondientes. En observación dentro de uno de los anexos se plantea un plano que es de suma importancia ya que se le hizo una modificación a su estructura de la máquina MIR650.



**CAPÍTULO I**

**SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

## **CAPÍTULO I**

### **SITUACIÓN PROBLEMÁTICA**

#### **1.1 Introducción.**

En este capítulo se presenta de forma concreta la problemática existente en el área de inyección de plásticos de la empresa **FAACA** lo cual nos lleva a la formulación de objetivos (General y Específicos), y seguidamente se presenta la justificación y las delimitaciones de este proyecto.

Es de hacer notar que este proyecto no cuenta con antecedentes en la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Carabobo, solamente se encuentran proyectos de tesis que describen algunos aspectos del proceso.

#### **1.2 Descripción del problema.**

**FAACA**, Una empresa venezolana ubicada en la población de Cúa, Estado Miranda, y dedicada a la fabricación de partes y piezas para la industria automotriz y cuyos principales clientes son las ensambladoras de vehículos y el mercado de reposición (repuestos), ha visto crecer su demanda de manera constante en los últimos años motivado al crecimiento experimentado en la ventas de vehículos en el país, por tal razón su producción ha ido creciendo a este mismo nivel para poder satisfacer su demanda.

En este incremento constante de la producción se han detectado algunas debilidades que limitan la curva de crecimiento, siendo la de mayor importancia el bajo rendimiento de las máquinas de inyección de plásticos, las cuales no están logrando los objetivos establecidos.

Las máquinas de inyección de plásticos están compuestas por cuatro (4) grandes secciones las cuales detallamos a continuación:

- a) **Tornillo:** Impulsa y desplaza el material utilizado en la inyección (polietileno)
- b) **Barril:** Lleva en su interior al tornillo y en su exterior se localizan las resistencias eléctricas y los termopares, éstos últimos para medir la temperatura del cañón (para realizar una buena medición de la masa es necesario purgar la máquina y tomar las temperaturas directamente del material escurrido).

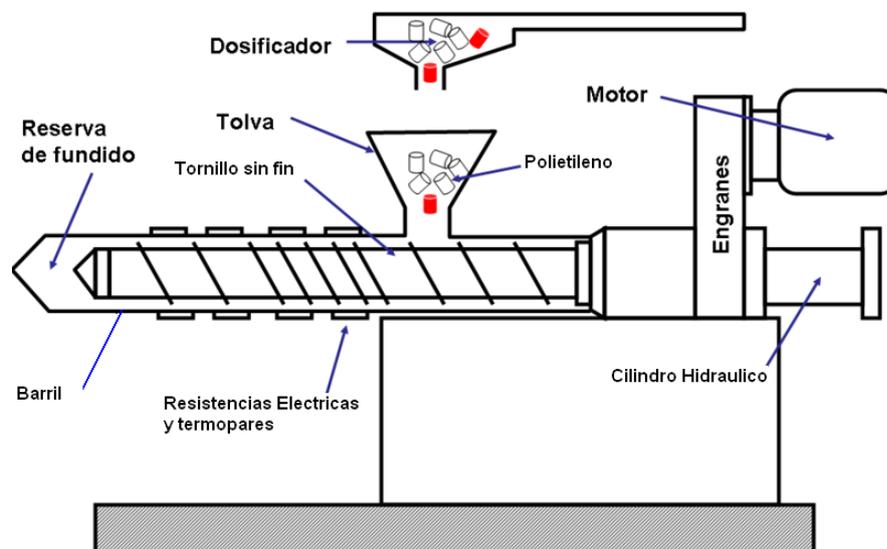


Figura N° 1 Sistema de inyección

Fuente: [Docencia.udea.edu.co/.../unidad\\_2/maquina.html](http://Docencia.udea.edu.co/.../unidad_2/maquina.html)

- c) **Resistencias eléctricas:** están ubicadas alrededor del tornillo sin fin para calentar el material (polietileno) hasta su temperatura de fusión.
- d) **Sistema Hidráulico:** impulsa el material (polietileno) produciendo la presión necesaria para su inyección.

La empresa requiere de mejorar el diseño de la máquina de inyección de plásticos, motivado a que la misma presenta variaciones de temperatura al momento de la inyección, lo cual produce deformaciones en las piezas inyectadas.

Otro de los problemas detectados y planteado por la empresa es el desgaste en el tornillo sin fin de la máquina de inyección el cual presenta picadura y deformaciones, ocasionado por la alta fricción que se genera entre el material y las paredes internas del Barril lo que hace que el material se adhiera al tornillo, lo cual acelera el desgaste del mismo, dificultando el proceso de inyección al molde.

También la empresa está planteando la disminución del número de válvulas Hidráulicas y su reubicación en la máquina. En la actualidad la máquina cuenta con diez (10) válvulas en diferentes ubicaciones y el objetivo es reducir a cuatro (4) válvulas ubicadas en una sola sección, con esto se mejora la eficiencia y productividad de la máquina.



Figura N° 2 Vista de al máquina lateral izquierdo

Fuente: Batista y Valido, año (2008)

### **1.3 Formulación del problema.**

¿Cómo la empresa **FAACA** puede aumentar su volumen de producción en el área de inyección de plástico?

A través de esta investigación se pretende rediseñar la máquina de inyección de plástico con el propósito de mejorar los tiempos de producción, aumentar el rendimiento del material y disminuir los tiempos de mantenimiento de la máquina.



Figura N° 3 Vista de al máquina lateral derecho

Fuente: Batista y Valido, año (2008)

### **1.4 Objetivos:**

#### **1.4.1 Objetivo general.**

Rediseñar una máquina para el moldeo por inyección de plástico, para la fabricación de accesorios de aire acondicionado automotriz

#### **1.4.2 Objetivos específicos.**

- Determinar las condiciones de trabajo requeridos.
- Evaluar las condiciones de funcionamiento actuales del sistema de la máquina de inyección de plástico.
- Comparar y establecer diferencia entre la máquina actual y los requerimientos
- Evaluar los cambios necesarios al sistema de inyección para su adecuado proceso.

- Estudiar un plan de trabajo que garantice el mejor funcionamiento de la máquina.
- Comprobar los parámetros y procesos necesarios para el rediseño de la máquina.
- Evaluar la factibilidad económica y técnica.

### **1.5 Limitaciones.**

En el análisis del proyecto se detectaron algunas limitaciones las cuales detallamos.

- Disponibilidad de la máquina de dos (2) días por semana.
- La máquina de inyección de plástico no cuenta con hoja de especificaciones del proceso donde se describen la temperatura de dosificación, temperatura de moldeo, tiempo de enfriamiento y cantidad de llenado.
- El acceso a la información técnica por ser de carácter confidencial.
- La información obtenida a través de Internet y algunas bibliografías y manuales existentes son poco precisas.

### **1.6 Delimitación y/o alcances.**

Esta investigación no presenta ninguna delimitación ya que la empresa cuenta con el espacio suficiente para la elaboración de este proyecto.

El rediseño de la máquina de inyección permitirá mejorar la productividad, reducir los costos, mejorar la calidad del producto y cumplir con los requerimientos del cliente.

El estudio se basa en el rediseño general de una máquina de inyección de plástico específicamente en el tornillo sinfín, el cañón, las resistencias y las válvulas.

## 1.7 Justificación.

En la actualidad la máquina de inyección de plásticos de la empresa **FAACA** presenta bajos niveles de productividad, bajos índices de calidad del producto y altos costos de producción.

En vista de esto, se pretende rediseñar algunas partes de la máquina para la inyección de plástico tales como:

- **Resistencias eléctricas:** con el rediseño de éstas, se garantiza un mejor control de la temperatura lo cual evita la adherencia del material (polietileno) a las paredes del barril lo que ocasiona la obstrucción en la boquilla de inyección del molde y por ende la pérdida de material y tiempo de proceso.
- **Tornillo sin fin:** con la modificación de esta pieza se disminuirá el desgaste de las paredes del barril y el tornillo sin fin evitando que el material (polietileno) recircule y se quede adherido a las paredes del tornillo lo que ocasiona pérdida de material y tiempo de proceso.
- **Válvulas:** con la disminución del número de válvulas hidráulicas utilizadas en la máquina actualmente y su reubicación en una sola sección, se garantiza la disminución de los tiempos de inyección y mejora los costos de mantenimiento.

En líneas generales, la implantación de este proyecto mejorará los niveles de productividad, la calidad del producto y por ende disminuirá los costos de producción, evitando así que la empresa tenga que realizar una inversión cuantiosa en la compra de una nueva máquina de inyección.

### **1.8 Antecedentes de la investigación.**

Las tesis de grado que se muestran a continuación se encuentran en las bibliotecas de la Universidad de Carabobo y Universidad Bicentennial de Aragua, pero las mismas no presentan antecedentes que ofrezcan información útil para el desarrollo de este trabajo, ya que solo muestran el rediseño del sistema de enfriamiento del molde.

#### **Trabajo de grado: GONZÁLEZ, V. RUIZ, E. “Diseño de una máquina de inyección de plástico de mediana capacidad” Universidad de Carabobo Facultad. 2005**

Se presenta los resultados de un proyecto que tuvo como objeto diseñar una máquina de inyección de plástico, cuyo peso máximo de piezas inyectadas 500 gr. Las máquinas de inyección de plástico no son fabricadas en el país, por ende, son importadas y son de poca accesibilidad para las empresas de la rama de la industria del plástico, es por ello se quiere verificar si es factible tecnológica y económicamente, su fabricación en Venezuela.

Para el desarrollo del proyecto se realizó una revisión bibliográfica y visitas a empresas del área con el fin de recopilar información referente a la naturaleza y procesamientos de los plásticos, así como también, de los parámetros característicos de las máquinas inyectoras. El diseño de la máquina estuvo referido al de la **Nissei injection Holding Machines, modelo FS170L**, ya que se adaptaba a las consideraciones iniciales del diseño.

Como resultado se presenta, el diseño del sistema mecánico, el término y el de potencia y control de una máquina de inyección de plástico de tipo tornillo alternativo capaz de fabricar piezas de 500 gr. de PVC con una presión de inyección máxima de 106,5 Mpa. El peso aproximado del equipo en Toneladas con sus respectivas dimensiones son 5.5m de largo, 1.5m de ancho y 2.4m de Altura. La fuerza motriz de la máquina es provista por un sistema de control computarizado programable (PLC).

El estudio de la factibilidad indica que el costo aproximado de la máquina diseñada es de trescientos millones de bolívares y el costo de una máquina importada con las características similares es del orden de los quinientos millones de bolívares, por ello, la construcción de la misma en nuestro país resulta rentable. Por otro lado, mediante el diseño se pudo constatar que no existe limitante en cuanto a la tecnología necesaria para la fabricación de los diversos componentes que integra la máquina, ya que se cuenta en el país con empresas metalmecánicas con herramientas y máquinas adecuadas para el fin.

**Trabajo de grado: Díaz, M. Ángel, E. “Rediseño de un sistema de enfriamiento para el moldes de máquinas inyectoras de plásticos para la fabricación de accesorios para tubería de plástico” Universidad de Carabobo. 2001**

El presente proyecto de grado se realizó en la empresa MONCA, que se dedica a la transformación de polímeros termoplástico, polivinil cloruro P.V.C, polipropileno y acetal en la fabricación de tubería y conexiones para tubería de plástico actualmente.

En la empresa cuenta con dos áreas de producción que son extrucción e inyección, cada una con (3) líneas de producción.

Ésta es una de las empresas que posee un prestigio internacional para exportar sus productos, por la buena calidad de los mismos.

La empresa utiliza el agua como sustancia termodinámica para extraerle el calor, generado en las piezas dentro de los moldes durante su fabricación.

El estudio general consiste en la evaluación, cálculos y rediseño del sistema de enfriamientos de la planta, para controlar la temperatura y el caudal en los molde de la máquinas de inyectoras de plásticos. Esto lleva consigo el análisis térmico hidráulico tanto en el sistema de enfriamiento como los moldes, ya que se requiere disminuir la temperatura de operación en los moldes que está entre 60°C y 69.5°C, y así acelerar el enfriamiento de la pieza dentro de los mismos evitando la contracción pos moldeo que afecta la pieza en sus dimensiones de diseño, para evitar estos efectos de contracción hay que disminuir el tiempo de enfriamiento de la pieza hasta que la misma alcance una temperatura entre, 40°C y 41°C con esto disminuye el ciclo de la máquina y la producción de accesorio aumenta.

Todo lo anterior permitió emitir un juicio referente al problema planteado y como consecuencia de ello controlar la temperatura del agua, en los moldes en 10°C con un nuevo sistema de enfriamiento compuesto con una unidad enfriadora tipo CHILLER.

Con el agua circulando por los moldes, y estas condiciones de trabajo, ellos estabilizan su temperatura de operación en 33°C lo que hace que la pieza se enfríe 28.28 segundos, lo que equivale a un 31% menos que la actual y el ciclo de la máquina disminuye de 90 segundos a 61.7 segundos y la producción aumenta en 287 piezas/días, lo que da un ingreso adicional de 400.000,00 Bs. /días, con este ingreso la empresa recupera el costo del proyecto 55 días aproximadamente.

El objetivo de este trabajo es lograr que todos los procesos de enfriamiento en los moldes se realicen de una manera adecuada, para que la pieza tenga mejor calidad en cuanto la conformación de las mismas, se puede aumentar la producción disminuyendo el tiempo de enfriamiento de la pieza.

**Trabajo de grado: Meléndez Martínez, Pedro Pablo “Automatización de una máquina inyectora de plástico PVC” Universidad Bicentennial de Aragua. 2002.**

A nivel operacional, las empresas del sector plástico desean estar a la vanguardia de la tecnología, constituida por una compleja infraestructura de unidades de proceso, que le permite mantener los altos niveles de operatividad y productividad que las pueden llevar a ubicarse como empresas con capacidad de procesamiento de plástico.

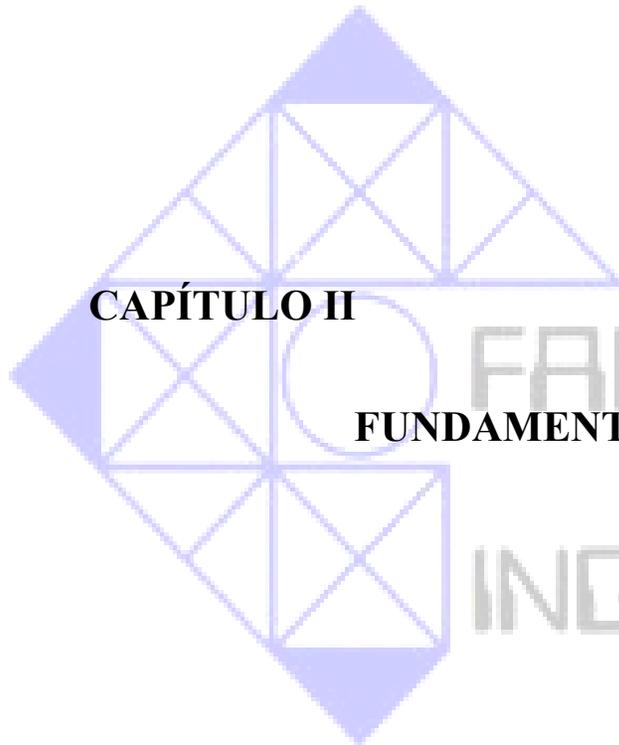
La importancia que tienen estas unidades procesadoras de plásticos, es la de producir materia prima para un gran número de productos derivados del plástico y éstas a su vez suplen el mercado. En caso de fallar, estos equipos, deben estar en capacidad de conocer cual es la falla para responder lo más pronto posible. A este respecto, se comenzará a desarrollar la modernización de estas máquinas inyectoras de plásticos, con el fin de localizar las fallas y garantizar fielmente la confiabilidad y continuidad de la alimentación de la industria.

La mayor parte de las fallas que presentan estas maquinarias no las percibe el operario a través de un reporte ni de un indicador, sólo se visualiza cuando se para la producción, lo que indica que internamente causan una serie de obstáculos que impiden un desenvolvimiento óptimo de las funciones operativas de la máquina y que normalmente afectan el proceso productivo de la empresa. El bajo nivel de las maquinarias utilizadas para la inyección del plástico es causado principalmente por la ausencia de planes definidos en materia de controles, que evalúen las necesidades reales de información de los diferentes procesos que se realizan en las máquinas de inyección. Por supuesto, la situación planteada anteriormente ocasiona un fuerte impacto en las labores de la Gerencia de producción.

Las actividades de seguimiento y control de los procesos operacionales se ejecutan sin apoyo informático, lo que las convierte sumamente engorrosas y complicadas, además de susceptibles a errores. La carencia de cajas de

conexionados en el campo, limita la expansión de otros dispositivos de seguridad para las máquinas de inyección, que permitan controlar el tiempo de endurecimiento del plástico. Si se toma en cuenta el incremento de los pedidos que en la actualidad realizan las empresas del ramo se puede mencionar que estas dificultades relacionadas con bajo rendimiento, irán poco a poco incrementándose por lo que las empresas podrán perder su clientela, generando la pérdida de operatividad de la empresa, que a largo plazo determinará la posible quiebra. Aunado a esto se percibirá el aumento de quejas del personal de producción y de los clientes, representándose en un atraso en las actividades productivas. De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se propone la Automatización de Máquinas de Inyección de plástico PVC, a fin de que apoye y complemente el proceso productivo de la empresa, con los objetivos de mantener a la empresa del sector. Ésta automatización deberá aportar elementos que orienten el desarrollo de una infraestructura de sistemas que satisfaga eficientemente las necesidades de proceso de las plantas de inyección, con criterios de actualidad, velocidad de respuesta, seguridad, interacción fácil e intuitiva y flexibilidad operacional.

El desarrollo de la presente proyecto permitirá resolver las deficiencias que se presentan en los sistemas de inyección de plásticos, facilitando la comunicación entre los sistemas involucrados en el proceso los cuales son netamente manuales ocasionando ineficiencia en los resultados. Adicionalmente, es necesario aplicar la ingeniería de detalle, lo que suministrará la información necesaria para incluir en los presupuestos operativos y de inversiones los recursos requeridos para desarrollar el proyecto de automatización. Al poner en marcha la automatización de los sistemas de inyección de plásticos de las plantas del sector, éstas se habrán convertido en las plantas modernas y altamente automatizadas, líder en el uso eficiente y productivo de las nuevas tecnologías de control tanto en los controladores lógicos programables (PLC), como en los controles distribuidos (DCS).



**CAPÍTULO II**

**FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

## **CAPÍTULO II**

### **FUNDAMENTOS TEÓRICOS**

#### **2.1 Introducción.**

En este capítulo se presentan los conceptos fundamentales que se requieren para el desarrollo del trabajo de grado. El cual trata la descripción del proceso de moldeo y los componentes a rediseñar en la máquina inyectora de plástico. Todo esto unido con sus respectivas ecuaciones y parámetros como plataforma para el rediseño de los elementos mecánicos y térmicos de la máquina.

#### **2.2 Inyección de plástico. [11]**

##### **2.2.1 Moldeo por inyección.**

Es un proceso semicontinuo que consiste en inyectar un polietileno en estado fundido o recubierto 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 semicristalinos. La pieza o parte final se obtiene al abrir el molde y sacar de la cavidad la pieza moldeada

##### **2.2.2 El Principio del moldeo.**

El moldeo por inyección es una de las tecnologías de procesamiento de plástico más famosas, 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 cuya forma y tamaño son idénticas a las de la pieza que se desea obtener. La cavidad se llena con plástico fundido, el cual se solidifica, manteniendo la forma moldeada.

Los polietilenos conservan su forma tridimensional cuando son enfriados por debajo de su temperatura general y por tanto, también de su temperatura de fusión para polietilenos semicristalinos. Los polietilenos amorfos, cuya temperatura útil es inferior a su Temperatura general, se encuentran en un estado termodinámico de equilibrio. En ese estado, los movimientos de rotación y de relajación del polímero están altamente impedidos. Es por esta causa que, en ausencia de esfuerzos, se retiene la forma tridimensional. Los polietilenos semicristalinos poseen, además, la característica de formar cristales. Estos cristales proporcionan estabilidad dimensional a la molécula, la cual también es en la región cristalina termodinámicamente estable. La entropía de las moléculas del plástico disminuye drásticamente debido al orden de las moléculas en los cristales.

### 2.2.3 Molde. [11]

Es la parte más importante de la máquina de inyección, 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. (Figura 4)

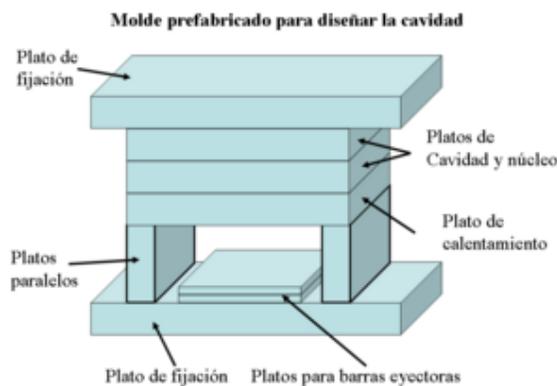


Figura N° 4, Esquema de un molde comercial prefabricado

Fuente: <http://www.songtranslator.net/>

## **2.3 Variables del proceso de inyección [12]**

### **2.3.1 Temperaturas.**

#### **2.3.1.1 Temperatura de proceso.**

Para inyectar un polietileno, específicamente un termoplástico, es necesario conocer su temperatura de transición vítrea, Temperatura de ganancia y su temperatura de fusión de la región cristalina o Temperatura del molde, si es un polietileno semicristalinos.

La temperatura de operación de cada termoplástico no es estándar, y varía según el proveedor. Es por tanto necesario solicitarle una Hoja de Especificaciones donde se encuentre tanto el índice de fluidez como la temperatura de trabajo, que además es un rango de temperaturas, y la temperatura de degradación, con lo cual se obtiene un intervalo dentro del cual se puede trabajar el material eficientemente. Las temperaturas pueden ser del cilindro de plastificación, de la boquilla y del molde.

La temperatura del cilindro de plastificación y de la boquilla, esta dada por el tipo de material a trabajar, estas temperaturas se ajustan de acuerdo a la temperatura de la masa fundida, la temperatura de la masa fundida determina las propiedades estructurales de una pieza moldeada, por lo que debe ser constante y uniforme ya que controla la densidad y contracción. El proceso de plastificación de una resina cristalina es muy estrecho y requiere más energía.

De igual manera la temperatura del molde esta en función o es determinada por el material plástico a trabajar. Y el acabado de la pieza. La temperatura del aceite de la máquina se controla mediante un sistema de refrigeración. La temperatura del aceite de la máquina debe ser de 40°C y no rebasar los 50°C.

## **2.3.2 Velocidades.**

### **2.3.2.1 Velocidad de cierre de molde.**

Es la distancia que recorre la platina móvil hasta hacer contacto con la platina fija del molde. Es importante mencionar que la unidad de cierre se forma de parte móvil y parte fija, en un tiempo determinado, la velocidad de cierre del molde se realiza en varias etapas Alta velocidad, media velocidad y baja velocidad, esto con el fin de evitar aceleraciones y frenados bruscos durante la fase de cerrado del plato móvil, también dependerá de la pieza a moldear.

### **2.3.2.2 Velocidad de apertura de molde.**

Es la distancia que recorre la platina móvil del molde hasta separarse de la platina fija y dejar el espacio suficiente para la expulsión de las piezas en un tiempo determinado. La velocidad de apertura del molde se realiza al contrario de la fase de cierre de molde: baja velocidad, media velocidad y alta velocidad, también esto dependerá de la pieza a moldear.

### **2.3.2.3 Velocidad de plastificación.**

La velocidad de plastificación se controla por las revoluciones por minuto o giros por minuto del husillo o tornillo en el momento de la plastificación.

### **2.3.2.4 Velocidad de inyección.**

La velocidad de inyección dependerá de los siguientes factores:

- a) La viscosidad del polietileno.
- b) Condiciones del molde.
- c) Tamaño y número de puntos de entrada de material.
- d) Tamaño de los canales o venas de alimentación del material.
- e) Salidas de aire en el molde.
- f) Temperatura de la masa fundida

- g) Temperatura del molde.
- h) Acabado de la pieza.

Cuando se moldean piezas de secciones delgadas se requieren generalmente velocidades de inyección altas con objeto de llenar la pieza antes de que se solidifique. El uso de una velocidad de inyección alta mejorara el aspecto y brillo superficial de la pieza, ya que la cavidad del molde se llena completamente antes de que la resina comience su solidificación, variando la velocidad de inyección adecuadamente se pueden reducir los defectos superficiales en la pieza, tales como las ráfagas y manchas en la zona del punto de inyección.

#### **2.3.2.5 Velocidad de expulsión.**

Es la distancia que recorren los expulsores en un tiempo determinado para expulsar la pieza moldeada.

#### **2.3.3 Presiones.**

##### **2.3.3.1 Primera presión de inyección.**

Es la presión requerida para vencer las resistencias que el material fundido produce a lo largo de su trayectoria, desde el cilindro de plastificación hasta el molde, esta presión corresponde a la fase de llenado del molde, con esta pretendemos llenar la cavidad en un 90 ó 95%, para después terminar de llenar la pieza con la segunda presión y velocidades.

##### **2.3.3.2 Segunda presión de inyección.**

También es conocida como de sostenimiento o recalque, tiene como objeto el mantener bajo presión el material fundido que se solidifica y se contrae en la cavidad del molde, la función de esta segunda presión, es la de completar el llenado y así

compensar la contracción, introduciendo un poco más de material fundido en el molde.

Es importante mencionar que si se excede en aplicar esta presión puede producir rebaba (flash) o una compactación tal que originara que las piezas se peguen en el lado fijo.

#### **2.3.3.3 Contrapresión.**

En el momento de la plastificación el material es llevado hacia delante en tanto que el husillo va girando hacia atrás, la contrapresión se aplica sobre el husillo que gira y tiene como función el impedir el retorno de éste, mejorando la acción de la mezcla del material. Dicho en otras palabras, esto ayuda a que se logre una buena homogenización del plástico. Otra definición: es la oposición a que el husillo se mueva libremente hacia atrás mientras esta cargando.

#### **2.3.3.4 Descompresión.**

Es la distancia que el tornillo se hace para atrás con la finalidad de liberar la presión ejercida sobre el plástico de tal manera que no escurra el material al momento que abra el molde. Existe la posibilidad de hacerlo antes o después de la dosificación, también es valido de que si no se puede usar este recurso, se debe jugar con la temperatura de la nariz, bajando poco a poco la temperatura hasta un punto en que nos permita inyectar y se vea que no escurre material.

#### **2.3.3.5 Presión de expulsión.**

Una vez terminada la apertura del molde, la pieza se debe separar del molde, y esto se logra a través de un mecanismo de expulsión, que requiere de una presión de botado que esta activada durante toda la fase de expulsión.

### **2.3.3.6 Presión de retorno expulsión.**

Es la presión que estará presente una vez que los botadores han expulsado la pieza en la fase de expulsión.

### **2.3.4 Distancias.**

#### **2.3.4.1 Distancia de dosificación (inyección) y espesor del colchón.**

Son los milímetros de material inyectado en función del volumen (cm<sup>3</sup>) y la unidad de plastificación. Otra definición, es la cantidad de plástico necesaria para llenar todas las cavidades y la colada.

El espesor del colchón son los milímetros de material que deben permanecer constantes en la punta del tornillo, para garantizar una repetitividad en el proceso. Otra definición, es la distancia que el tornillo reserva para terminar de introducir material al interior del molde, y debe ser el 10% de la capacidad del barril.

#### **2.3.4.2 Distancia de conmutación a segunda presión.**

Son los milímetros necesarios para hacer el cambio por distancia, de primera presión de inyección a segunda presión de inyección.

#### **2.3.4.3 Distancia de apertura de molde.**

Es la distancia que deseamos que abra la parte móvil del molde para que pueda expulsarse la pieza.

#### **2.3.4.4 Distancia de expulsión.**

Son los milímetros recorridos por el sistema de expulsión de la pieza inyectada, para que pueda desmoldear del molde.

### **2.3.5 Tiempos.**

#### **2.3.5.1 Tiempo de inyección.**

Es el tiempo en el que se lleva a cabo el llenado de las cavidades del molde.

#### **2.3.5.2 Tiempo de post presión.**

Es el tiempo en que permanece activa la post presión, o segunda presión.

#### **2.3.5.3 Tiempo de plastificación.**

Es el tiempo requerido para llevarse a cabo la fusión del material, hasta llevarlo a un estado líquido viscoso.

#### **2.3.5.4 Tiempo de enfriamiento.**

Es el tiempo para acabar de solidificar la pieza, y este empieza después de que termina el tiempo de post presión y acaba cuando el molde se abre para expulsar la pieza.

#### **2.3.5.5 Tiempo de ciclo.**

Es el tiempo en el que se llevan a cabo las etapas del proceso de inyección: tiempo de cierre más tiempo de inyección, más tiempo de post presión, más tiempo de enfriamiento que incluye el tiempo de plastificación, más tiempo de apertura y expulsión.

#### **2.3.5.6 Fuerza de cierre.**

Es la fuerza ejercida sobre el molde antes de inyectar. La fuerza de cierre es producida por la unidad de cierre después de la formación de la presión.

### **2.3.5.7 Presión de cierre.**

Es el proceso de llenado del molde con la masa plástica, se produce una fuerza de empuje ascendente que produce un efecto adicional sobre el sistema de cierre junto con la fuerza de cierre, también es conocida como alta presión.

## **2.4 Ciclo de moldeo. [9]**

### **2.4.1 En el ciclo de moldeo se distinguen 6 pasos principales.**

1. Molde cerrado y vacío. La unidad de inyección carga material y se llena de polietileno fundido.

2. Se inyecta el polietileno 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.

## **2.5 Máquina de inyección. [7]**

### **2.5.1 Unidad de inyección.**

La unidad de inyección está conformada por el tornillo y el barril de inyección, la boquilla y las resistencias alrededor del barril. El material sólido ingresa por la tolva a la zona de alimentación del tornillo, en esta zona es transportado, por efecto de la rotación del tornillo dentro del barril, hacia la zona de fusión donde se plastifica; finalmente el material es bombeado hacia la parte delantera del tornillo en la zona de dosificación.

Durante el proceso de plastificación del material el tornillo gira constantemente. Cuando se va a realizar la inyección hacia el molde, el tornillo deja de girar y actúa a manera de pistón, haciendo fluir el plástico fundido hacia el molde y llenando las cavidades.

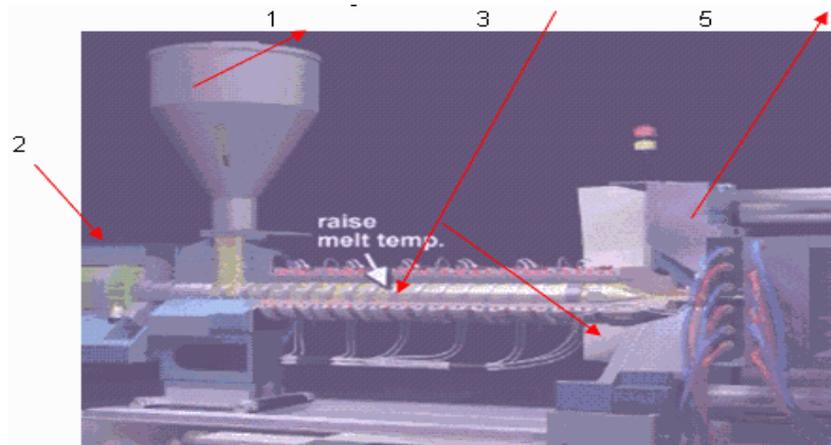


Figura N° 5 Corte transversal de una parte de un inyector de plástico

Fuente: <http://www.monografias.com>

En gráfico adjunto tenemos un corte transversal de una parte de un inyector de plástico en la que se observa:

- 1.- Tolva.
- 2.- Motor Hidráulico.
- 3.- Tornillo sin fin.
- 4.- Sistema de calefacción del tornillo.
- 5.- Molde

### 2.5.2 Unidad de cierre: [1]

Consiste de una prensa conformada por dos placas porta moldes, una móvil y otra Fija. El sistema de accionamiento de la placa móvil puede ser un mecanismo de Palancas acodadas, accionado hidráulicamente, un cilindro hidráulico o un Sistema eléctrico de tornillo sin fin accionado por un motor.

El parámetro fundamental para dimensionar una unidad de cierre es su fuerza para mantener el molde cerrado. Usualmente se da este valor en toneladas (ton). Otros parámetros importantes en una unidad de cierre son: la distancia mínima entre placas, la distancia máxima de apertura, las dimensiones de las placas y la distancia entre columnas, la carrera del sistema de expulsión. Estos son para dimensionar los moldes.

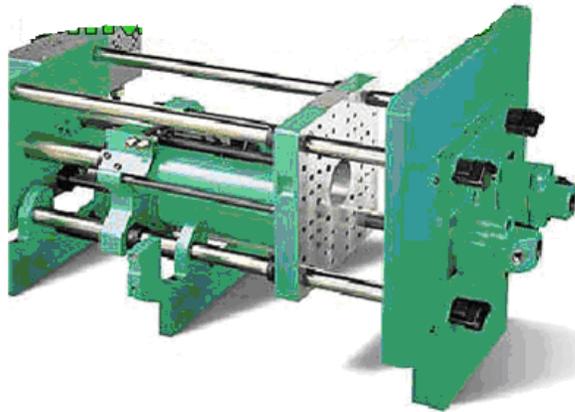


Figura N° 6 Unidad de cierre.

Fuente: [www.ayrful.com.ar/aplicaciones.htm](http://www.ayrful.com.ar/aplicaciones.htm)

### 2.5.3 Unidad de control de proceso [1]

Este sistema básicamente contiene un controlador lógico programable (PLC) y controladores PID para las resistencias eléctricas del barril y de la boquilla.

El PLC permite programar la secuencia del ciclo de inyección y recibe señales de alarma, por sobre presión o finales de carrera, para detener el ciclo. Los controladores PID son los más adecuados para el control de temperatura debido a su elevada velocidad de respuesta para mantener la temperatura a los niveles requeridos.



Figura N° 7 Unidad de control de procesos

Fuente: <http://www.mailxmail.com/>

#### **2.5.4 Unidad de potencia. [1]**

Es el sistema que suministra la potencia necesaria para el funcionamiento de la unidad de inyección y de la unidad de cierre.

#### **2.5.6 Sistema de potencia hidráulico.**

Los motores hidráulicos son los más comúnmente utilizados, su funcionamiento se basa en la transformación de la potencia hidráulica del fluido en potencia mecánica. A diferencia de los sistemas electromecánicos, donde la potencia es transmitida a través de engranajes y palancas, en un sistema con fluidos estos elementos se sustituyen, parcial o totalmente, por tuberías de conducción que llevan el fluido a presión a los pistones de inyección y de cierre del molde.

En los sistemas hidráulicos es común utilizar presiones que varían entre los 70 y 140 Kg. /cm<sup>2</sup>.

##### **2.5.6.1 Ventajas (Del motor hidráulico con el motor eléctrico).**

- variación de velocidades, regulando el volumen de fluido.
- arranques y paradas rápidos debido al pequeño momento de inercia.
- relaciones bajas de peso potencia, lo que posibilita alcanzar altas velocidades de inyección del material.

## 2.6 Ciclo de inyección. [5]

### 2.6.1 Cierre del molde.

Se cierra el molde vacío, mientras se tiene lista la cantidad de material fundido para inyectar dentro del barril. El molde se cierra en tres pasos. Con alta velocidad y baja presión, luego se disminuye la velocidad y se mantiene la baja presión hasta que las dos partes del molde hacen contacto, finalmente se aplica la presión necesaria para alcanzar la fuerza de cierre requerida.

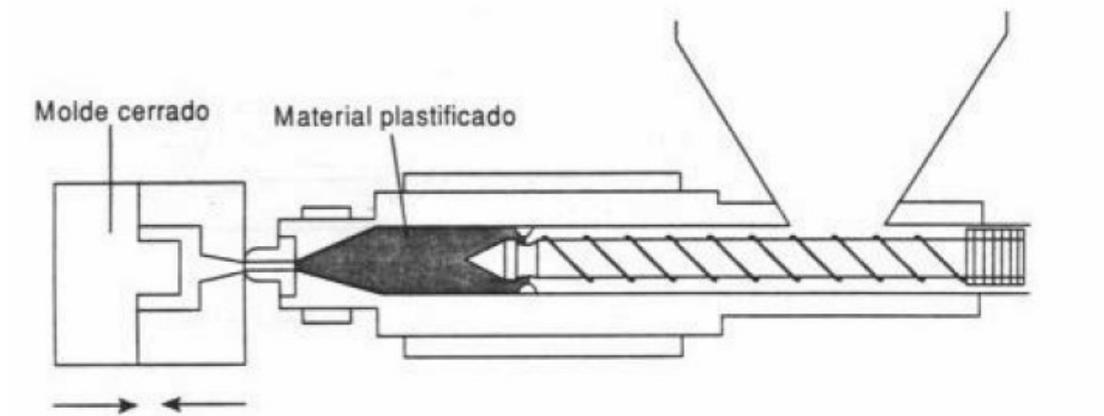


Figura N° 8 Cierre de molde

Fuente: [docencia.udea.edu.co/.../unidad\\_2/maquina.html](http://docencia.udea.edu.co/.../unidad_2/maquina.html)

En cuanto al consumo de potencia en cada una de las etapas del ciclo, se observa que en el cierre del molde apenas se requiere la potencia necesaria para vencer la fricción generada al desplazar la placa móvil. La etapa de inyección necesita la potencia máxima durante un período muy corto. El desplazamiento de la unidad de inyección y la apertura del molde requieren muy poca potencia. En el siguiente diagrama se esquematiza el consumo de potencia durante el ciclo de inyección.

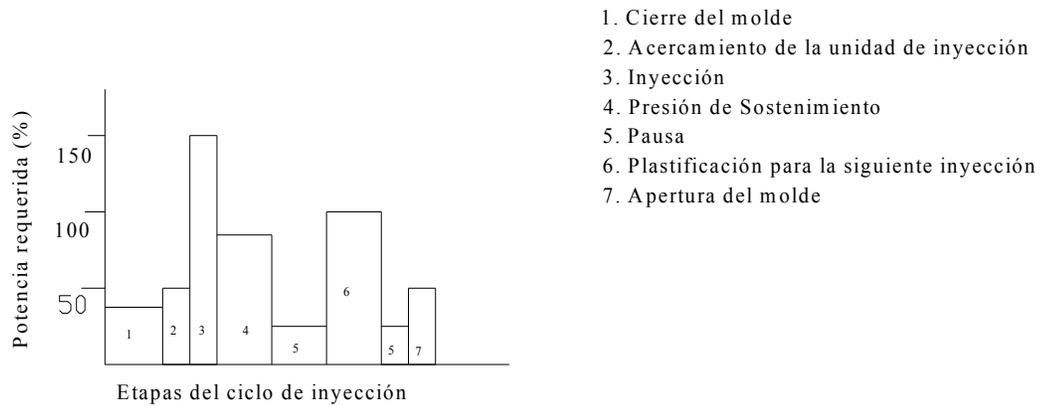


Figura N°9 Esquema el consumo de potencia durante el ciclo de inyección

Fuentes: [http://Docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes\\_inyección/unidad\\_2/ciclo.htm](http://Docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyección/unidad_2/ciclo.htm) 1

### 2.6.2 Inyección.

El tornillo inyectora el material, actuando como pistón, sin girar, forzando el material a pasar a través de la boquilla hacia las cavidades del molde con una determinada presión de inyección.

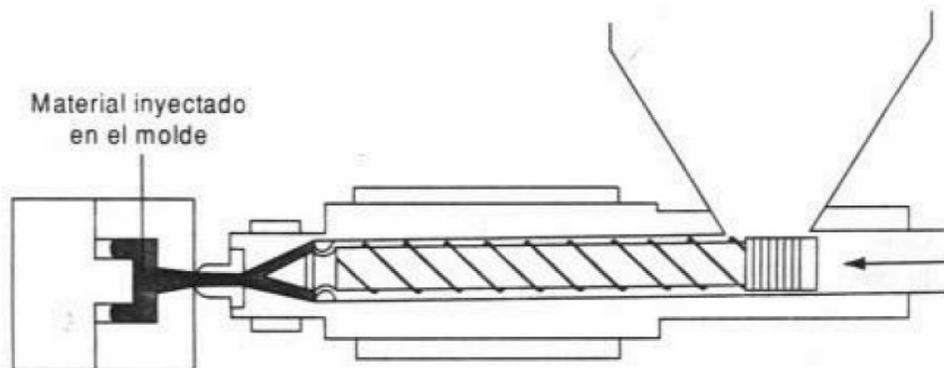


Figura N°10 Aplicación de la presión de sostenimiento

Fuente: [Docencia.udea.edu.co/.../unidad\\_2/maquina.html](http://Docencia.udea.edu.co/.../unidad_2/maquina.html)

### 2.6.3 Presión de sostenimiento.

Al terminar de inyectar el material, se mantiene el tornillo adelante aplicando una presión de sostenimiento antes de que se solidifique, con el fin de contrarrestar la contracción de la pieza durante el enfriamiento. La presión de sostenimiento, usualmente, es menor que la de inyección y se mantiene hasta que la pieza comienza a solidificarse.

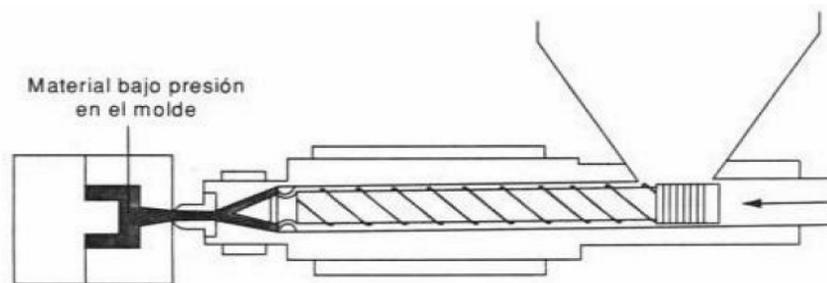


Figura N° 11 Aplicación de la presión de sostenimiento

Fuente: [http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes\\_inyeccion/](http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/).

### 2.6.4 Nueva plastificación.

El tornillo gira haciendo circular los gránulos de plástico desde la tolva y plastificándolos. El material fundido es suministrado hacia la parte delantera del tornillo, donde se desarrolla una presión contra la boquilla cerrada, obligando al tornillo a retroceder hasta que se acumula el material requerido para la inyección.

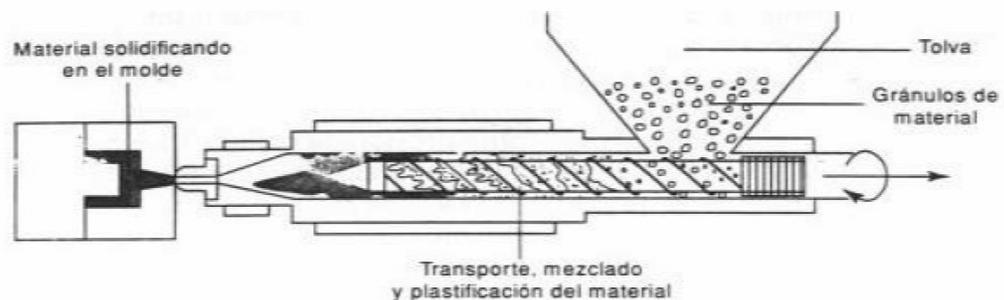


Figura N°12 Plastificación del material

Fuente: [http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes\\_inyeccion/](http://docencia.udea.edu.co/ingenieria/moldes_inyeccion/)

### 2.6.5 Extracción.

El material dentro del molde se continúa enfriando en donde el calor es disipado por el fluido refrigerante. Una vez terminado el tiempo de enfriamiento, la parte móvil del molde se abre y la pieza es extraída.

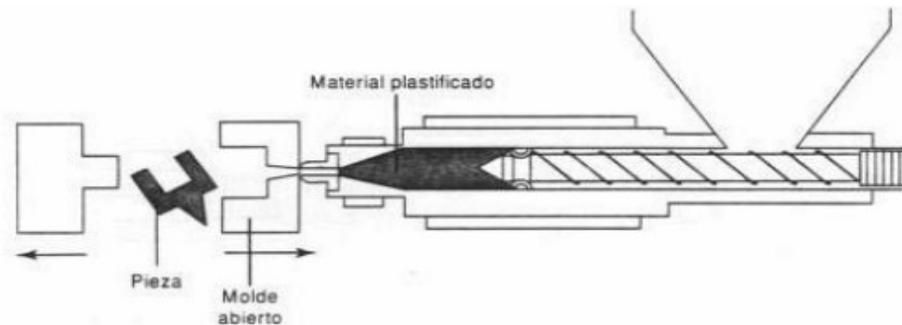


Figura N° 13 Enfriamiento y extracción de la pieza

Fuente: <http://www.mailxmail.com/cursos/vida/inyecciondetermoplasticos/capitulo15.htm>.

### 2.6.6 PVT (Relaciones de presión-Volumen-Temperatura). [1]

En cualquier polietileno, las relaciones entre presión, volumen y temperatura son muy importantes para obtener un proceso de inyección eficiente, ya que el volumen específico de un polímero aumenta al ascender la temperatura del mismo. Entre estas dos dimensiones se presentan curvas isobáricas por las cuales se guía el polietileno. El comportamiento de los polietilenos amorfos y semicristalinos en el paso de enfriamiento es muy diferente, lo que se debe tener en cuenta si se quiere obtener una pieza de alta calidad.

Para diseño de equipo de proceso es necesario conocer las relaciones de PVT de los polietilenos que se utilizarán, en su forma final, es decir aditivados. Debe tenerse en cuenta que la razón de la Cristalización y deformación de la pieza al enfriarse (contracción) se debe al cambio de densidad del material, que sigue un propio

comportamiento fisicoquímico, particular para cada polietilenos, y que puede ser isótropo o anisótropo.

Los polietilenos semicristalinos modificarán más su tamaño dependiendo de la temperatura en la cual se les permita cristalizar. Las cadenas que forman esferulitas y lamelas ocupan menos espacio (mayor densidad) que las cadenas en estado amorfo. Por ello, el grado de cristalinidad afecta directamente a la densidad final de la pieza. La temperatura del molde y el enfriamiento deben ser los adecuados para obtener partes de calidad.

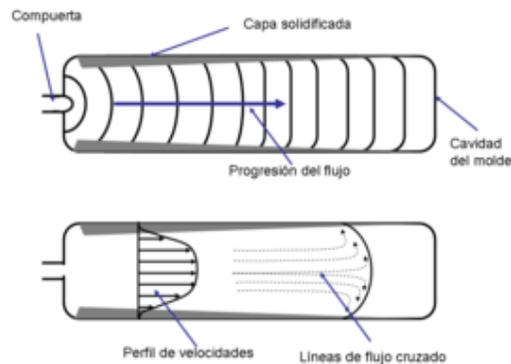


Figura N° 14 Diseño de flujo.

**Fuente:** [www.monografias.com/trabajos32/procesamiento](http://www.monografias.com/trabajos32/procesamiento).

## 2.7 Viscosidad. [12]

Los polietilenos son materiales cuyas viscosidades son muy altas, por lo que su flujo es lento y complicado. La razón de esto es que son cadenas muy largas de unidades más simples, a causa de lo cual los polietilenos presentan una orientación con respecto al esfuerzo cortante al que han sido sometidos.

El polietileno entra en el molde y se va acumulando desde el punto de entrada, arrastrándose por las paredes y empujando el polietileno en el centro. Cuando este toca las paredes del molde, comienza a enfriarse y solidificarse. Esto ocurre con cierta baja orientación, pero cuando se va llenando la cavidad en capas posteriores lejanas a

la pared del molde, la orientación se incrementa y un inadecuado enfriamiento congela los estreses generados, siguiendo un perfil de velocidades semejante al del flujo parabólico en un tubo.

En la práctica, los ingenieros toman en cuenta que los polietilenos son fluidos no newtonianos (particularmente. son materiales visco elásticos).

### **2.8 Ventilación y presión. [1]**

Conforme el material avanza, el aire presente experimenta un aumento de presión y generalmente escapa en dirección opuesta al avance del polietileno. Si esto no ocurre, entonces es necesario abrir una compuerta de ventilación, igualándose de esta manera la presión generada a la presión atmosférica. Debido a las propiedades de Viscosidad y de arrastre del polietileno, sólo escapa mediante la ventilación una parte mínima de plástico.

El error más común con la ventilación es el añadir aditivos espumantes desde la tolva. Los espumantes generan gas, aire o agua que queda atrapado en células abiertas o cerradas del polímero. No obstante, si la presión disminuye a presión atmosférica, este gas generado escapa, resultando así un polietileno sin espumar. Para una eficiente alimentación del espumante, éste debe ser añadido después de la ventilación o eliminar el mismo.

### **2.9 Flujo volumétrico [5]**

Es la cantidad de fluido que pasa por determinado elemento en la unidad de tiempo. Normalmente se identifica con el flujo volumétrico

### 2.10 Defectos, Razones y Soluciones en Partes Moldeadas. [12]

Los defectos en partes moldeadas requieren experiencia tanto para ser identificados como para ser resueltos. Los operarios con años de experiencia en inyección son los mejores maestros de identificación y solución de problemas, ya que su experiencia les da las ideas y recursos necesarios para solucionar problemas rápidamente. Aquí se sugieren algunas de las soluciones a los problemas más comunes.

Tabla N° 1 Soluciones a los problemas más comunes en partes moldeadas

Fuentes: [www. Wikipedia, la enciclopedia libre.htm](http://www.Wikipedia,laenciclopedia Libre.htm)

<b>Defecto</b>	<b>Causas posibles</b>	<b>Probables soluciones</b>
Enchuecamiento	Enfriamiento demasiado intensivo. Diseño inadecuado de la pieza. Tiempo de enfriamiento muy corto. Sistema de extracción inapropiado. Esfuerzos en el material.	Incrementar el tiempo de enfriamiento dentro del molde. Utilizar un polímero reforzado.
Flash	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.

Tabla N° 2 Soluciones a los problemas más comunes en partes moldeadas

Fuentes: [www. Wikipedia, la enciclopedia libre.htm](http://www.Wikipedia,laenciclopedia.libre.htm)

<b>Causas posibles</b>	<b>Probables soluciones</b>
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.
Hay carbonizaciones.	Purgar el husillo. Reducir la temperatura de proceso. Limpiar el husillo manualmente.
Incompatibilidad del material.	Disminuir la temperatura de proceso. Incrementar la temperatura del molde. Cambiar el concentrado de color.
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. Canales demasiado pequeños. Respiración insuficiente.	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.
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.

<b>Causas posibles</b>	<b>Probables soluciones</b>
<p>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.</p>	<p>Incrementar la presión. Incrementar el tiempo de sostenimiento de presión. Disminuir la temperatura del barril. Incrementar la velocidad de inyección. Abrir el venteo o presequer el material. Modificar los canales de enfriamiento del molde o el flujo del agua. Modificar el molde.</p>
<p>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. Flujo no adecuado del material por los canales o la cavidad.</p>	<p>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.</p>
<p>Humedad. Degradación de aditivos. Temperatura demasiado alta. Respiración del molde insuficiente.</p>	<p>Secar el material. Disminuir la temperatura. Modificar la respiración del molde.</p>
<p>Temperatura demasiado baja. Velocidad de inyección demasiado baja. Baja contrapresión de la máquina. Temperatura del molde muy baja.</p>	<p>Incrementar la temperatura. Incrementar la velocidad de inyección. Incrementar la contrapresión de la máquina.</p>

<b>Causas posibles</b>	<b>Probables soluciones</b>
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.
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 por efecto de jet.	Disminuya la velocidad de inyección.
Perfil incorrecto de temperaturas.	Probar un perfil inverso de temperaturas. Bajar la temperatura de las primeras dos zonas de la unidad de inyección. Usar un perfil de temperaturas más agresivo.
La temperatura es demasiado alta. La compuerta es demasiado pequeña y se quema el polímero por presión.	Disminuir la temperatura. Modificar la compuerta del molde.

## 2.11 Plásticos. [3]

Los plásticos se encuentran entre los materiales industriales de mayor crecimiento en la industria moderna. La amplia variedad y sus propiedades los hacen los más adaptables de todos los materiales en términos de aplicación. La molécula básica (polímero) del plástico se basa en el carbono. Las materias primas para la producción de plásticos son los gases de petróleo y del carbón. La resina básica se produce por la reacción química de monómeros para formar moléculas de cadena larga llamada polímeros.

A éste proceso se le denomina Polimerización, el cual se efectúa por dos métodos: Polimerización por adición, en la cual dos o más monómeros similares tienen reacción directa para formar moléculas de cadena larga y Polimerización por condensación, en la cual reaccionan dos o más monómeros diferentes para formar moléculas largas y agua como subproducto.

El monómero de un plástico es una molécula única de un hidrocarburo, por ejemplo, una molécula del etileno, ( $C_2 H_4$ ). Y los polímeros son moléculas de cadenas largas, formada por muchos monómeros unidos entre sí. El polímero comercial más conocido es el Polietileno –  $(C_2 H_4)_n$  – siendo n de 100 a 1000 aproximadamente. Muchos plásticos importantes entre ellos el polietileno, son sólo compuestos de carbono e hidrógeno, otros contienen Oxígeno como los acrílicos, Nitrógeno como las Amidas (nylon), silicio como las siliconas, etc.

Existen polímeros naturales de gran significación comercial como el algodón, formado por fibras de celulosas. La celulosa se encuentra en la madera y en los tallos de muchas plantas, y se emplean para hacer telas y papel. La seda es otro polímero natural muy apreciado y es una poliamida semejante al nylon. La lana, proteína del pelo de las ovejas, es otro ejemplo. El hule de los árboles de hevea y de los arbustos

de Guayule, son también polímeros naturales importantes. Sin embargo, la mayor parte de los polímeros que usamos en nuestra vida diaria son materiales sintéticos con propiedades y aplicaciones variadas.

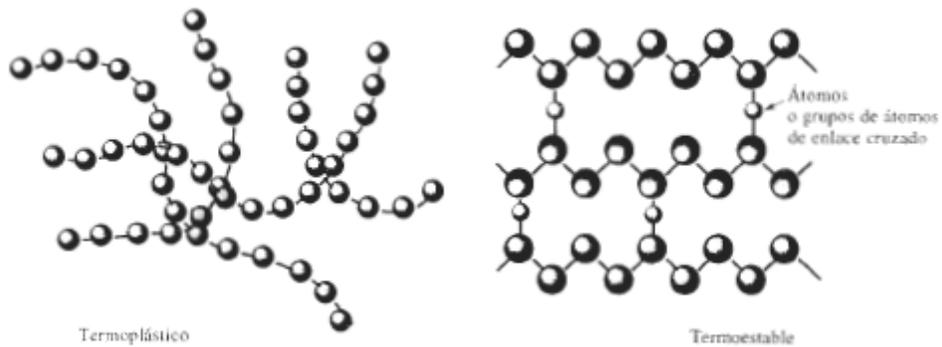


Figura N° 15 enlaces de átomos

Fuente: [www.monografias.com/trabajos32/procesamiento-](http://www.monografias.com/trabajos32/procesamiento-).

### 2.11.1 Propiedades de los Plásticos.

Es importante entender las propiedades características de los plásticos, entre las cuales se encuentran el alto peso molecular, la baja densidad, alta resistencia a la corrosión y baja conductividad térmica y eléctrica, todo al contrario de los materiales metálicos, es por ello que su aplicación en la industria moderna es cada día más creciente. Las características antes mencionadas hacen posible su amplia aplicación y uso de tipo industrial, tal es así que en la actualidad existen plásticos con elevada resistencia al calor y a la tracción, con valores próximos a los aceros.

Tabla N° 3 Cartas técnicas de algunos plásticos

Fuente: [www .Curso gratis Manual de inyección de plásticos - Cartas técnicas de algunos plásticos.htm](http://www.cursogratis.com/manual-de-inyeccion-de-plasticos-cartas-tecnicas-de-algunos-plasticos.htm)

Material	Símbolo	Temp. Fusión	Temp. Trabajo	Temp. Sec. °C	Tiempo secado	Temp. molde
POLIMETIL METACRILATO	PMMA	150-180	170-240	80	4	50-80
ACRILATO BUTADIENO ESTIRENO	ABS	170-200	180-240	80-90	4	20-60
POLIESTIRENO	PS	130-160	180-260	N/A	N/A	20-60
POLIESTIRENO IMPACTO (HIPS)	SB	130-160	180-260	80-90	2-4	20-60
ACRILONITRILATO ESTIRENO	SAN	140-170	180-260	80-100	4	40-80
ACETATO DE CELULOSA	CA	130-170	180-220	N/A	N/A	60-80
ACETATO BUTIRATO DE CELULOSA	CAB	130-170	190-230			60-80
PROPIANATO DE CELULOSA	CP	130-170	200-230			60-80
POLICARBONATO	PC	220-260	280-230	120-140	4	80-120
OXIDO DE POLIFENILENO	PPO	240-270	250-290	90-100	2	80-100
CLORURO DE POLIVINILO FLEX.	PVC	120-140	160-190	N/A	N/A	20
CLORURO DE POLIVINILO RIG.	PVC	130-160	180-210	N/A	N/A	20-60
POLIETILENO BAJA	PE	~110	150-260	N/A	N/A	-4-40
POLIETILENO ALTA	PE	~130	220-230	N/A	N/A	-4-50
POLIPROPILENO	PP	~165				

## 2.12 Barril. [5]

Es un cilindro metálico que aloja al tornillo y constituye el cuerpo principal de una máquina de extrusión. El barril debe tener una compatibilidad y resistencia al material que esté procesando, es decir, ser de un metal con la dureza necesaria para reducir al mínimo cualquier desgaste.

La dureza del barril se consigue utilizando aceros de diferentes tipos y cuando es necesario se aplican métodos de endurecimiento superficial de las paredes internas del barril, que son las que están expuestas a los efectos de la abrasión y la corrosión

durante la operación del equipo.

El barril cuenta con resistencias eléctricas que proporcionan una parte de la energía térmica que el material requiere para ser fundido. El sistema de resistencias, en algunos casos va complementado con un sistema de enfriamiento que puede ser flujo de líquido o por ventiladores de aire. Todo el sistema de calentamiento es controlado desde un tablero, donde las temperaturas de proceso se establecen en función el tipo de material y del producto terminado.

Para la mejor conservación de la temperatura a lo largo del barril y prevenir cambios en la calidad de la producción por variaciones en la temperatura ambiente, se acostumbra aislar el cuerpo del cañón con algún material de baja conductividad térmica como la fibra de vidrio o el fieltro.



Figura N° 16 Barril y Tornillo

Fuente: [www.geocities.com/.../descripciondelamaquina.htm](http://www.geocities.com/.../descripciondelamaquina.htm)

## 2.13 El Tornillo [5]

### 2.13.1 Hacia delante.

- Trabaja como el embolo de una jeringa.
- Llena y compacta el plástico en la cavidad.

### 2.13.2 Hacia atrás gira.

Transporta el plástico hacia adelante, lo compacta para quitarle el aire y por último lo homogeniza o si usa pigmento dispersará uniformemente el color.

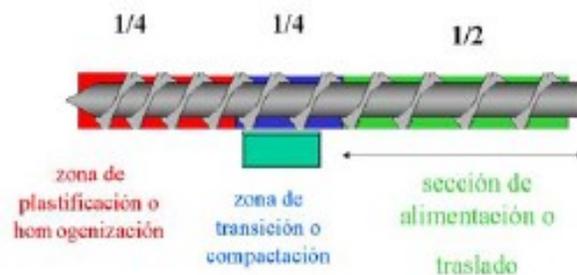


Figura N° 17 Partes del Tornillo

Fuente: [www.geocities.com/.../descripciondelamaquina.htm](http://www.geocities.com/.../descripciondelamaquina.htm)

### 2.13.3 Al tornillo se le pretende dividir en tres zonas: Traslado, compactado y homogenizado.

Es mejor decir que el tornillo traslada el material de la tolva a la cámara de dosificación y en ese traslado lo compacta con el fin de quitar gases. Al mismo tiempo y sobre todo en la zona más estrecha lo homogeniza en temperatura y si hay pigmento, este se dispersa.

#### 2.13.4 Relaciones del tornillo



Figura N° 18 Cañón y tornillo a pequeña escala

Fuente: [www.geocities.com/.../descripciondelamaquina.htm](http://www.geocities.com/.../descripciondelamaquina.htm)

Otros conceptos importantes del tornillo

Es la relación de compresión y la relación longitud diámetro. Los mejores tornillos son aquellos que tienen.

$$R/C = 3:1 \text{ o mayor } L/D = 20:1 \text{ o mayor}$$

Se usan con menores relaciones debido a la sensibilidad del material. Por ejemplo para el PET y PVC se usaran:

$$R/C = 2:1 \text{ y una } L/D = 16:1$$

### 2.13.5 Juego del tornillo

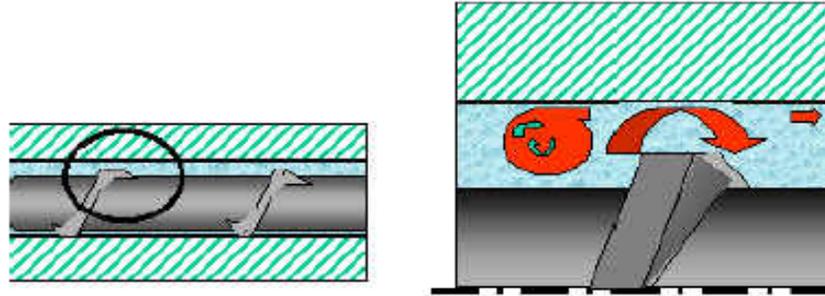


Figura N° 19 Juego del tornillo

Fuente: [www.geocities.com/.../descripciondelamaquina.htm](http://www.geocities.com/.../descripciondelamaquina.htm)

El juego del tornillo provoca que el ciclo se prolongue más de lo debido. Algunos aseguran que es tiempo de cambiar máquinas; otros mandan a reparar el tornillo y honean el barril.

### 2.14 Resistencias eléctricas. [2]

Son emisores de onda media que permiten una transferencia de energía térmica de un cuerpo a otro sin que haga falta ningún soporte intermedio y sin absorción sensible de la energía emitida por el medio que los separa, que habitualmente es el aire.

Los emisores son suministrados con sus correspondientes accesorios de fijación, con o sin sonda termopar, según necesidad del cliente.

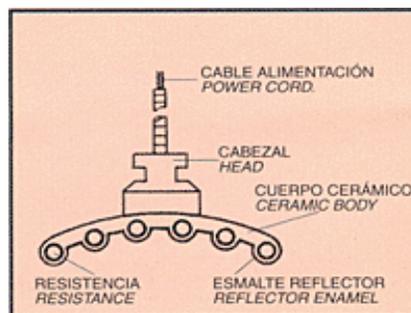


Figura N° 20 Partes de la resistencia eléctrica

Fuente: [www.albertrullas.com/resistencias.htm](http://www.albertrullas.com/resistencias.htm)

Las principales aplicaciones industriales de los emisores Trullàs.

Termo conformado hoja plástica:

- Gelificación de PVC
- Pre calentamiento de plásticos
- Secado de colas, pinturas, barnices, papel, tejidos
- Hornos para reacciones químicas y esmaltado de metales
- Calentamiento y cocción de alimentos
- Secado de pieles y cueros después del tinte
- Industria del calzado y cerámica

#### **2.14.1 Resistencias eléctricas tipo cartucho.**

Son resistencias de forma cilíndrica, cuyas conexiones salen por un extremo y su función principal es el calentamiento de bloques metálicos. Se distinguen dos tipos de cartuchos, Los de alta carga y Los de baja carga.



Figura N° 21 Resistencias tipo cartucho

Fuente: [www.albertrullas.com/resistencias.htm](http://www.albertrullas.com/resistencias.htm)

### **2.14.1 Cartuchos de alta carga.**

Estos elementos de calefacción permiten la aplicación de altas temperaturas, de hasta 750°, en espacios pequeños así como su utilización en condiciones adversas de trabajo.

### **2.14.2 Cartuchos de baja carga.**

Al contrario que los de alta carga, estos cartuchos alcanzan una temperatura aproximada de 300° y no permiten vibraciones, golpes constantes o temperaturas constantes de trabajo.

### **2.14.3 Resistencias de boquilla blindada.**

Son elementos utilizados especialmente para el calentamiento de boquillas para la inyección de plástico, generalmente se fabrican en latón.



Figura N° 22 Resistencias de Boquilla Blindada

Fuente: [www.albertrullas.com/resistencias.htm](http://www.albertrullas.com/resistencias.htm)

### **2.14.4 Resistencias de abrazadera.**

Son resistencias que se usan en las máquinas de inyección de plástico para el calentamiento del tornillo.



Figura N° 23 Resistencias de Abrazadera

Fuente: [www.albertrullas.com/resistencias.htm](http://www.albertrullas.com/resistencias.htm)

### 2.15 Válvulas. [6]

Es un aparato mecánico con el cual se puede iniciar, detener o regular la circulación paso de líquidos o gases mediante una pieza movable que abre, cierra u obstruye en forma parcial uno o más orificios o conductos.

Las válvulas son unos de los instrumentos de control más esenciales en la industria. Debido a su diseño y materiales, las válvulas pueden abrir y cerrar, conectar y desconectar, regular, modular o aislar una enorme serie de líquidos y gases, desde los más simples hasta los más corrosivos o tóxicos. Sus tamaños van desde una fracción de pulgada hasta 30ft (9 m) o más de diámetro. Pueden trabajar con presiones que van desde el vacío hasta mas de 20000 lb/in<sup>2</sup> (140Mpa) y temperaturas desde las criogénicas hasta 1500 °F (815C). En algunas instalaciones se requiere un sellado absoluto; en otras, las fugas o escurrimientos no tienen importancia.

### **2.15.1 Tipos de válvulas. [7]**

#### **2.15.1.1Válvula de control.**

La válvula automática de control generalmente constituye el último elemento en un lazo de control instalado en la línea de proceso y se comporta como un orificio cuya sección de paso varía continuamente con la finalidad de controlar un caudal en una forma determinada.

##### **I. Aplicaciones.**

- Servicio general, pastas semilíquidas, líquidos, vapores, gases, corrosivos.
- Ventajas
- Alta capacidad
- Bajo costo
- Cierre hermético
- Funcionamiento rápido

##### **II. Desventajas.**

- Requiere alta torsión (par) para accionarla
- Desgaste del asiento
- Cavitación con baja caída de presión

#### **2.15.1.2 Válvulas de globo.**

Una válvula de globo es de vueltas múltiples, en la cual el cierre se logra por medio de un disco o tapón que sierra o corta el paso del fluido en un asiento que suele estar paralelo con la circulación en la tubería. (Figura N° 32).

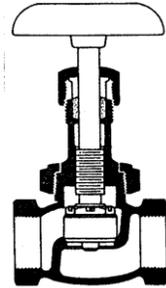


Figura N° 24 Válvula de globo.

Fuente: [www.monografias.com/.../valvus/valvus.shtml](http://www.monografias.com/.../valvus/valvus.shtml)

### **I. Aplicaciones.**

- Servicio general, líquidos, vapores, gases, corrosivos, pastas semilíquidas

### **II. Ventajas.**

- Estrangulación eficiente con estiramiento o erosión mínimos del disco o asiento
- Carrera corta del disco y pocas vueltas para accionarlas, lo cual reduce el tiempo y desgaste en el vástago y bonete
- Control preciso de la circulación
- Disponible con orificios múltiples

### **III. Desventajas.**

- Gran caída de presión
- Costo relativo elevado

### 2.15.1.3 Válvulas de bola.

Las válvulas de bola son de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, en las cuales una bola taladrada gira entre asientos elásticos, lo cual permite la circulación directa en la posición abierta y corta el paso cuando se gira la bola  $90^\circ$  y cierra el conducto. (Figura N° 33).

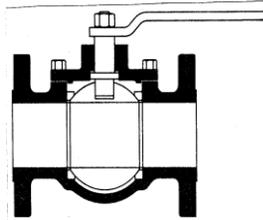


Figura N° 25 Válvula de bola.

Fuente: [www.monografias.com/.../valvus/valvus.shtml](http://www.monografias.com/.../valvus/valvus.shtml)

#### I. Aplicaciones.

Servicio general, altas temperaturas, pastas semilíquidas.

#### II. Ventajas.

- Bajo costo
- Alta capacidad
- Corte bidireccional
- Circulación en línea recta
- Pocas fugas
- Se limpia por si sola
- Poco mantenimiento
- No requiere lubricación

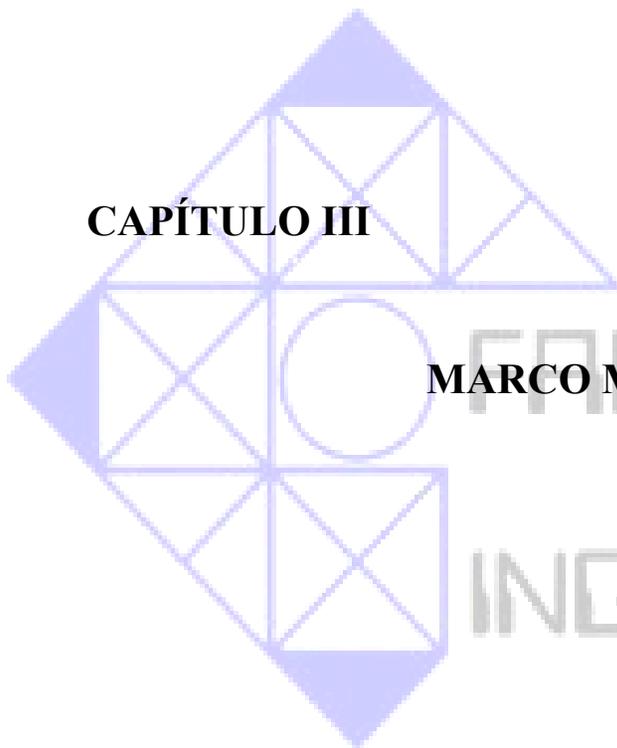
- Tamaño compacto
- Cierre hermético con baja torsión (par)

### **III. Desventajas.**

- Características deficientes para estrangulación
- Alta torsión para accionarla
- Susceptible al desgaste de sellos o empaquetaduras
- Propensa a la cavitación

### **NOTA**

**Para mayor información acerca del marco teórico se presenta un apéndice a final del proyecto en el cual se encuentra mayor detalles sobre los elementos y partes de una máquina de inyección de plástico.**



**CAPÍTULO III**

**MARCO METODOLÓGICO**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

## CAPÍTULO III

### MARCO METODOLÓGICO

#### **3.1. Introducción.**

En este capítulo se presenta la metodología que se utilizó para el desarrollo del proyecto. Se muestran aspectos como el tipo de investigación, las técnicas y procedimientos que se llevarán a cabo.

#### **3.2. Nivel de la investigación.**

Toda vez que un problema ha quedado lo suficientemente claro y ha sido formulado en toda su complejidad y conducido a unas condiciones manejables, para situar las características de la información que se necesitan abordar y obtener, se debe, delimitar el tipo de estudio de que se trata con su respectivo esquema de investigación, que se adecue y sea el más apropiado en relación a los objetivos propuestos. Esto se refiere a la selección de un tipo de investigación, por ello Arias, (2006) señala que el nivel de investigación “se refiere al grado de profundidad con que se aborda un objeto o fenómeno de estudio. (p. 23).

Iván Hurtado León y Josefina Toro Garrido (2000), define el nivel de investigación como” el plan a seguir para dar respuesta a las preguntas formadas y para probar las hipótesis de la investigación”. (p.83).

Los tipos de investigación dependen de los objetivos delimitados, que de acuerdo a estos se podrá definir el tipo de estudio de que se trate y por consiguiente se incorporará un esquema de investigación, muy específico, atendiendo al mismo, más apropiado para cumplir con la finalidad del estudio. Arias, (2006) señala que la

investigación descriptiva “consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno o grupo con el fin de establecer su estructura o comportamiento. Los resultados de este tipo de investigaciones se ubican en un nivel intermedio en cuanto a la profundidad de los conocimientos se refiere. (p.24)

El grado de profundidad con que se aborda la siguiente investigación es de tipo explicativa, ya que se busca el por qué de los hechos, estableciendo relaciones de causa-efecto. La investigación explicativa intenta dar cuenta de un aspecto de la realidad, explicando su significatividad dentro de una teoría de referencia, a la luz de leyes o generalizaciones que dan cuenta de hechos o fenómenos que se producen en determinadas condiciones.

La intención de la investigación radica en evaluar el funcionamiento del sistema actual de la máquina de inyección de plástico y verificar si es capaz de soportar las modificaciones que se requiere.

### **3.3. Diseño de la investigación.**

El diseño de investigación constituye el plan general del investigador para obtener respuestas a sus interrogantes o comprobar la hipótesis de investigación. El diseño de investigación desglosa las estrategias básicas que el investigador adopta para generar información exacta e interpretable. Los diseños son estrategias con las que intentamos obtener respuestas a preguntas como: Contar, Medir y Describir.

Balestrini (2001), define un diseño de investigación como:

“El plan global de investigación que integra de un modo coherente y adecuadamente correctas técnicas de recogida de datos a utilizar, análisis previstos y objetivos. El diseño de una investigación intenta dar de una manera clara y no ambigua respuestas a las preguntas planteadas en la misma.” (p. 131).

El diseño también debe especificar los pasos que habrán de tomarse para controlar las variables extrañas y señala cuándo, en relación con otros acontecimientos, se van a recabar los datos y debe precisar el ambiente en que se realizará el estudio. Esto quiere decir que el investigador debe decir dónde habrán de llevarse a cabo las intervenciones y la recolección de datos, esta puede ser en un ambiente natural (como el hogar o el centro laboral de los sujetos) o en un ambiente de laboratorio (con todas las variables controladas).

Este proyecto radica en que la información estudiada. El investigador debe decir qué información se dará a la empresa FAACA, es recomendable revelar a la empresa el propósito de la investigación y obtener su consentimiento.

### **3.3.1. Investigación de campo.**

Cuando los datos se recogen directamente de la realidad, por lo cual los denominamos primarios, su valor radica en que permiten cerciorarse de las verdaderas condiciones en que se han obtenido los datos, lo cual facilita su revisión o modificación en caso de surgir dudas, se conoce como investigación de campo:

Kerlinger (1985), manifiesta que “el experimento de campo es un estudio de investigación en una situación real, donde una o más variables independientes son manipuladas por el experimentador bajo condiciones controladas con el máximo cuidado que permita la situación”. (p. 283).

Cuando los datos ya han sido recolectados en otras investigaciones y son conocidos mediante los informes correspondientes, nos referimos a datos secundarios, porque han sido obtenidos por otros y nos llegan elaborados y procesados de acuerdo con los fines de quienes inicialmente los obtuvieron y manipularon. Como estas

informaciones proceden siempre de documentos escritos (ésta es la forma en que se emiten los informes científicos), damos a estos diseños el nombre de bibliográficos, este a su vez forma parte de los tipos de investigación de campo.

Según Arias, (2006) "el diseño de campo consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna". (p. 31).

Por último, es preciso anotar que los diseños de campo tampoco pueden basarse exclusivamente en datos primarios. Siempre será necesario ubicar e integrar nuestro problema y nuestros resultados dentro de un conjunto mayor (marco teórico o referencial), para cuya elaboración es imprescindible realizar consultas o estudios bibliográficos; por ende La Universidad Pedagógica Experimental Libertador (UPEL) (1998), señala que la investigación de campo:

“Es el análisis sistemático de problemas, en la realidad, con el propósito bien sea de describirlos, interpretarlos, entender su naturaleza y factores constituyentes, explicar sus causas y efectos, o predecir su ocurrencia, haciendo uso de métodos característicos de cualquiera de los paradigmas o enfoques de investigación conocidos o en desarrollo”. (p.5).

La estrategia adoptada para responder al problema planteado es una investigación de campo, ya que los datos necesarios para el desarrollo del proyecto se obtienen en las instalaciones de la empresa FAACA.

El desarrollo de la investigación se realiza a través de los siguientes pasos:

### **3.3.2. Fundamentos teóricos.**

Se definen los conceptos y variables relacionadas con el proyecto haciendo uso de estrategias como búsqueda de información con el ingeniero encargado de mantenimiento y los reportes de control existente en la empresa. Posteriormente se hace una exhaustiva Revisión bibliográfica de los dispositivos utilizados para la máquina de inyección de plástico a fin de dar con la problemática que presenta el dispositivo.

### **3.3.3. Evaluación del sistema de inyección de plástico.**

La evaluación son las pruebas y análisis que se necesitan para detectar las mejoras que requiere el equipo de la máquina de inyección de plástico. En este caso se evalúa detalladamente los componentes como el tornillo sin fin que a través de la medición del paso, holgura, profundidad de canal, ángulo de la hélice y su dureza. También se evalúa el cañón o barril (diámetro y dureza), las válvulas (la presión y caudal que maneja) y las resistencias esta última se medirá los amperajes, temperatura y los ohmios de cada una.

### **3.3.4. Determinación de las condiciones requeridas por el sistema.**

Para determinar las condiciones operacionales del sistema se procede a través de la investigación bibliográfica, y de la misma empresa, establecer la diferencia entre la máquina requerida y la máquina actual, para luego proceder a realizar los planos correspondientes a las partes mencionadas en el capítulo II. Además de la determinación del espacio necesario para la operación.

### **3.3.5. Establecer las consideraciones iniciales necesarias para proponer el rediseño del sistema.**

Mediante la información bibliográfica, la evaluación del sistema de inyección y la hoja de procesos en donde se toma los tiempos de operación de la máquina actual se establecerá una comparación entre la máquina actual y la máquina requerida para luego tomar las consideraciones iniciales para el rediseño de la máquina. Realizar el estudio requerido a la máquina de inyección de plástico

### **3.3.6. Proponer alternativas para el rediseño del sistema.**

Para dar la mejor alternativa es necesario conocer cada unas de las consecuencias y variaciones que originaria el cambio y rediseño de las partes de la máquina planteadas por la empresa las cuales son la disminución de las válvulas de 10 a 4, las resistencias, el cañón o barril y el tornillo sin fin.

### **3.3.7. Estudio de la factibilidad económica.**

Haber realizado los cálculos necesarios y haber determinan la mejor solución para el rediseño de la máquina se realizar un estudio de rentabilidad donde arroje si es conveniente rediseñar o comprar otra máquina. También especificará el tiempo de recuperación de la inversión de hacerse dicho rediseño.

## **3.4 Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.**

Toda vez que se ha delimitado el tipo de investigación, su diseño, la población o universo de estudio de esta la empresa cuenta con 12 máquinas tomando como muestra el 10% de ellas, está relacionado con la definición de los métodos, instrumentos y técnicas de recolección de la información que se incorporarán a lo

largo de todo el proceso de investigación, en función del problema y de las interrogantes planteadas; así como, de los objetivos que han sido definidos. Para Hurtado (2000) La técnica de recolección de datos comprende procedimientos y actividades que le permiten al investigador obtener la información necesaria para dar respuesta a su pregunta de investigación. (p.431).

Para recopilar la información necesaria para la elaboración de esta investigación se utilizo como técnica la observación directa. Ya que se pudo presenciar la problemática que la empresa FAACA presenta con la máquina de inyección de plástico. Cabe destacar que según Sabino, (1997), "la observación directa es aquella a través de la cual se puedan conocer los hechos y situaciones de la realidad social". (p. 134).

Esta observación es de gran importancia, porque es donde el investigador se da cuenta de los hechos que ocurren en su investigación y le permitirá obtener unos mejores resultados. Tamayo y Tamayo (2004), expone que la observación directa "es aquella en la cual el investigador puede observar y recoger los datos mediante su propia observación". (p.183).

Para rediseño de la máquina de inyección de plástico se utilizaron varios materiales como:

- Voltímetro y amperímetro: estos instrumentos se utilizaran en el momento de realizar la evaluación de las resistencias.
- Cinta métrica: será utilizada para la medición del tornillo sin fin y el cañón o barril (diámetro y longitud).
- Vernier: este instrumento se manejará en el momento de realizarle las evaluaciones necesarias al tornillo (espesor y holgura), cañón o barril (espesor), tolerancia entre el tornillo y el cañón y las válvulas (tubería).

- Presostato: para determinar la temperatura de las resistencias.

### **3.5. Alternativa de solución propuesta.**

#### **3.5.1. Determinar las condiciones de trabajo requeridos.**

¿Para qué? Para garantizar las condiciones óptimas de operación del equipo con concordancia con la normativa de la empresa.

¿Por qué? De no establecerse las condiciones de trabajo pudiera incurrirse en errores operacionales lo cual afectaría la calidad del producto y el rendimiento del equipo. También es necesario conocer cuál es el ambiente idóneo en el cual opera un equipo o máquina de inyección de plástico.

#### **3.5.2. Evaluar las condiciones de funcionamiento actuales del sistema de la máquina de inyección de plástico.**

¿Para qué? Para conocer el rendimiento productivo actual de la maquina, determinar las limitaciones del equipo y las posibles errores de operación.

¿Por qué? Para poder establecer las condiciones óptimas de las máquinas y su operación. También conocer posibles fallas presentes en la máquina y las posibles alteraciones o desviaciones en el diseño original del equipo.

#### **3.5.3. Comparar y establecer diferencia entre la máquina actual y los requerimientos.**

¿Para qué? Con estos valores teóricos estaríamos garantizado que las modificaciones a realizar son totalmente productiva y cónsona con los requerimientos de la empresa,

lo cual nos va a permitir establecer los nuevos objetivos de producción, productividad y calidad de las piezas a realizar en este equipo.

#### **3.5.4. Evaluar los cambios necesarios al sistema de inyección para su adecuado proceso.**

¿Por qué? A través de los años la máquina de inyección de plástico pudo a ver sufrido modificaciones en sus partes sin llevar un control, ni a ver realizados los cálculos necesarios lo cual pudiera estar incidiendo en el rendimiento del equipo y la calidad y el costo de las piezas inyectadas.

¿Para qué? Para garantizar que los cambios que se harán en la máquina sean las adecuadas manejando la producción, la productividad, la calidad y el costo de la piezas inyectadas.

#### **3.5.5. Estudiar un plan de trabajo que garantice el mejor funcionamiento de la máquina.**

- Operación: Para establecer un manual de procedimiento del operador que garantice se cumpla todas las secuencias lógicas de operación de la máquina.
- Mantenimiento: Establecer un programa de mantenimiento preventivo que garantice que las condiciones de operación óptimas del equipo no sean alteradas y se logre mantener los objetivos establecidos de producción, productividad, calidad y costo.
- Entrenamiento: Establecer un programa de entrenamiento para operarios y mecánicas que garantice el mantenimiento de las condiciones operacionales del equipo de acuerdo a los objetivos planteados.

### **3.5.6. Comprobar los parámetros y procesos necesarios para el rediseño de la máquina.**

¿Para qué? Para asegurar a través de los cálculos matemáticos que el rediseño planteado sea el adecuado. Y que cumplan con los requerimientos planteados por la empresa.

### **3.5.7. Evaluar la factibilidad económica y técnica.**

Todo proyecto de rediseño es necesario conocer el impacto económico que este genera y la factibilidad táctica de realizar. Para poder garantizar el más corto tiempo de retorno de la inversión y asegurar que el cambio planteado, si es técnica y económicamente rentable porque de lo contrario sería mejor desechar el cambio y comprar un nuevo equipo.



**CAPÍTULO IV**

**RESULTADOS Y ANALISIS**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y ANALISIS**

#### **4.1 Introducción.**

En este capítulo se presentan todos los cálculos correspondientes al rediseño de la máquina para inyección de plástico.

Los cuales se divide en:

1.- Tornillo de inyección

Cálculos realizados: torsión, flexión, presión y fuerza de retroceso, deflexión, fatiga.

2.- Barril

Cálculos realizados: diámetro, longitud, esfuerzo interno

3.- Sistema eléctrico

Cálculos realizados: voltaje y amperaje de las resistencias, voltaje total del equipo.

4.- Sistema hidráulico

Cálculos realizados: reingeniería del sistema

5.- Factibilidad económica

También se conseguirá un cuadro comparativo entre la máquina actual y una máquina marca ROMI de características similares en cuanto a capacidad de inyección, relación del tornillo y peso de inyección, a fin de determinar los posibles cambios realizados en el diseño original.

Tabla N° 3.1. Operación de la máquina

<b>Característica</b>	<b>Condiciones de funcionamiento actual</b>	<b>Condiciones de funcionamiento requerido</b>	<b>Comparación y diferencias</b>
Temperatura	(80 – 100)°C	(120 – 122)°C	Aumento de temperatura de 22°C
Capacidad de pieza por año	28800 piezas	57600 piezas	Aumento 28800 piezas/año
Número de válvulas hidráulicas	26 Válvulas	17 Válvulas	Disminución de 9 Válvulas
Número de resistencias eléctricas	6	6	Se mantiene la misma cantidad

Tabla N° 4 Valores característicos dala máquina de inyección

Fuente: Empresa FAACA.

<b>Valores considerados para el rediseño</b>	
<b>Parámetros</b>	<b>Valores</b>
Relación L/d tornillo	17 mm/mm
Velocidad de giro del tornillo	(10-140)(Rpm)
Peso de inyección	2056 (gr)
Carrera del tornillo	330 mm
Volumen de inyección	2338 cm <sup>3</sup>
Capacidad de inyección	0.056Kg/sg.
Presión de retroceso	2890.07
Diámetro del tornillo	0.095mm
Longitud de fusión del tornillo	1.615m

## 4.2 Rediseño del tornillo sinfín

Para los cálculos del rediseño del tornillo se toma el comportamiento del mismo como un eje, ya que se mantienen las especificaciones de los alabes del tornillo según el fabricante de la máquina.

Esto se debe a que para poder calcular estas especificaciones es necesario realizar pruebas de campo y ensayos de laboratorio, motivado a que los grados de inclinación de los alabes no son estándar, el cual se considera especial según las normas AGMA (La American Gear Manufacturers Association). [25]

Como ya se ha mencionado en los capítulos anteriores el tornillo se encarga de transportar el material a medida que gira, de acuerdo al volumen de desplazamiento que requiera la empresa, así será definido el diámetro del tornillo.

En el presente caso el volumen de desplazamiento no se va a ver afectado por el flujo volumétrico, pero sí por el tiempo de inyección ya que el tiempo se ve modificado debido a el sistema hidráulico. Para conocer el nuevo valor utilizaremos:

$$V_{\text{desplazamiento}} = Q_{\text{flujo volumetrico}} * \text{tiempo}_{\text{inyección}} \quad (1)$$

La determinación del flujo volumétrico es el resultado de tres diferentes tipos de movimientos de material como lo son:

- ✓ Arrastre: el cual es el componente de mayor valor, producto del giro.
- ✓ Presión: depende del caudal que retrocede por el filete del tornillo al inyectar polietileno fundido hacia las cavidades del molde
- ✓ Filtración: es el que reduce la producción por pérdidas de material entre la holgura del tornillo y el barril.

Por lo tanto, el flujo volumétrico viene dado por: [24]

$$Q = Q_D + Q_P + Q_L \quad (2)$$

Donde:

$Q_D$  = Flujo Volumétrico de arrastre

$Q_P$  = Flujo Volumétrico de presión

$Q_L$  = Flujo Volumétrico de filtración

Cada uno de estos flujos esta definido por una ecuación, que relaciona las dimensiones del tornillo con algunas variables de la máquina. El flujo de arrastre viene dado por: [24]

$$Q_D = \frac{1}{2} \pi^2 * D^2 * h_{ZB} * N * \text{sen}\theta * \text{cos}\theta \quad (3)$$

Donde:

$Q_D$  = Flujo Volumétrico de arrastre

$D$  = Diámetro del tornillo

$h_{ZB}$  = profundidad en zona de bombeo

$N$  = Factor de seguridad

$\theta$  = Angulo de hélice

El flujo de presión viene dado por: [24]

$$Q_P = (\pi D * h_{ZC}^3 * \text{sen}^2\theta * \Delta P) / (12L_{ZB} * \mu) \quad (4)$$

Donde:

$Q_D$  = Flujo Volumétrico de presión

$D$  = Diámetro del tornillo

$h_{ZC}$  = profundidad en zona de compresión

$\theta$  = Angulo de hélice

$L_{ZB}$  = Longitud de la zona de bombeo

$\mu$  = Viscosidad

El flujo de filtración no se suele considerar en los cálculos de producción del tornillo, pero sirve para darse cuenta de la influencia que tiene el desgaste de los filetes en la pérdida de producción del tornillo.

$$Q_L = (\pi * D^2 * \delta^3 * \tan \theta * \Delta P) / (10 * s * L_{ZB} * \mu) \quad (5)$$

Donde:

$Q_L$  = Flujo Volumétrico de filtración

$D$  = Diámetro del tornillo

$\delta$  = Holgura del filete

$\theta$  = Angulo de hélice

$s$  = Ancho de filete

$L_{ZB}$  = Longitud de la zona de bombeo

$\mu$  = Viscosidad

Sustituyendo la ecuaciones 3, 4 y 5 en la ecuación 2 nos queda:

$$Q = \alpha N - \frac{\beta * p_{retroceso}}{\mu} \quad (6)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} \pi^2 D^2 h_{zc} \cdot \sin \theta \cos \theta \quad (7)$$

$$\beta = \frac{\pi D h_{zc}^3 \sin \theta}{12 L_{zc}} \quad (8)$$

Donde:

$\beta$  = Angulo de inclinación de las hélices en el plano XZ

$L_{ZB}$  = Longitud de la zona de bombeo

$h_{ZC}$  = profundidad en zona de compresión

$\alpha$  = Angulo de inclinación de las hélices en el plano XY

Manteniendo la longitud del tornillo actual ( $L = 1.615\text{m}$ ) y el diámetro (95mm), se procede a la determinación del valor de fuerza de retroceso para la verificación de las condiciones de trabajo de la máquina actual y compararla con la requerida por la empresa.

Por lo tanto:

$$L_{\text{Tornillo total}} = L_{\text{tornillo}} + L_{\text{tolerancia}} + L_{\text{acoplamiento}} \quad (9)$$

$L_{\text{acoplamiento}} = 0.16\text{m}$  (dato suministrado por la empresa FAACA).

$L_{\text{tolerancia}} = 3 \times \text{Diámetro} = 3 \times 95\text{mm} = 285\text{mm}$

$L_{\text{tolerancia}} = 0.285\text{m}$

Sustituyendo los valores en la ecuación (9) tenemos:

$$L_{\text{Tornillo total}} = L_{\text{tornillo}} + L_{\text{tolerancia}} + L_{\text{acoplamiento}}$$

$$L_{\text{Tornillo total}} = 1.615 + 0.16 + 0.285.$$

$$L_{\text{Tornillo total}} = 2.06\text{m.}$$

La ecuación L-20D que se encuentra presente en la figura N° 39 expresa la longitud total del tornillo la cual da como resultado 2.06 m igual al calculado con la ecuación N° 9.

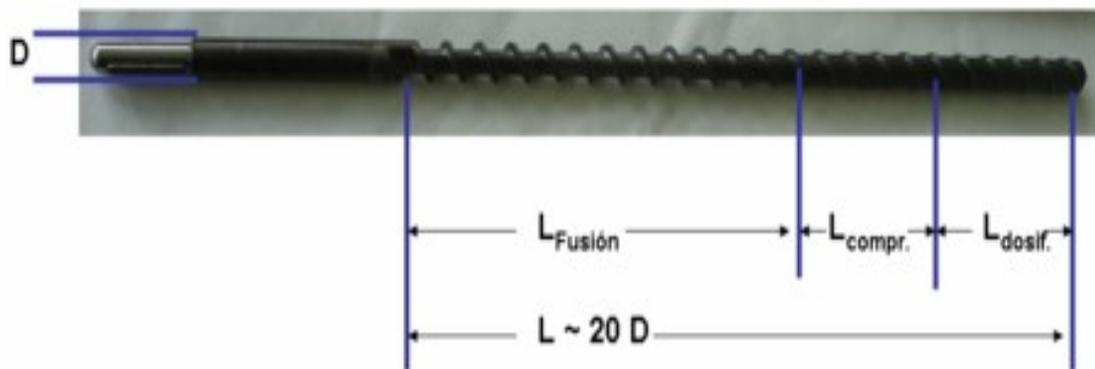


Figura N° 39 Longitudes del tornillo sin fin

Fuente: <http://www.songtranslator.net/>

Para una pieza promedio es necesario un Peso de inyección  $\cong 2.056$  Kg. Este valor es suministrado por la empresa FAACA. (Ver anexo N° 1)

Otra ecuación para determinar el flujo volumétrico es a través del volumen entre el tiempo de inyección. El Tiempo de inyección se determina por la masa de inyección entre la capacidad de inyección (Ci)

Aplicando el valor de la masa (m) de 2.056 Kg y para una capacidad (Ci) de inyección de plástico igual 0.056Kg/sg. Este valor se toma del anexo N° 1 (valores actuales de la máquina)

$$t_i = \frac{m_{inyección}}{c_i} \quad (10)$$

$$t_i = \frac{2.056}{0.056} = 36.71 \text{ sg}$$

Sustituyendo el valor del volumen de inyección igual a  $2.338 \times 10^{-3} \text{ m}^3$  expuesta en la tabla N° 4 y el valor de la ecuación 10 en la ecuación 11 obtenemos:

$$Q = \frac{\text{volumen de inyección}}{\text{tiempo de inyección}}; \quad (11)$$

$$Q = \frac{2.338 \times 10^{-3}}{36.71} = 6.36 \times 10^{-5} \text{ m}^3 / \text{seg}$$

Conociendo ya el flujo volumétrico procedemos a obtener la presión de retroceso. Pero antes hay que conocer los Parámetros característicos del tornillo.

$$h_{zC} = \frac{D}{Z} \quad (12)$$

Donde:

$h_{zC}$  = profundidad de la compresión

D = diámetro del tornillo

Z = relación de compresión, se obtiene del anexo N° 4 (Z = 2)

$$h_{zC} = \frac{0.095}{2} = 0.04753 \text{ m}$$

Ahora bien otro de los parámetros necesarios es la longitud de la zona de compresión la cual se obtiene con la siguiente ecuación: [1]

$$L_{ZC}=25\%L_{\text{tornillo}} \quad (13)$$

$$L_{ZC}=0.25*(1.615)$$

$$L_{ZC}=0.40375\text{m.}$$

Es necesario determinar la presión de retroceso para realizar los cálculos respectivos en el rediseño y verificar si cumple con los parámetros establecidos en cuanto a si sobre pasa la flexión máximo, si resiste a la torsión, que no halla recirculación del material y que se pueda lograr la inyección de la pieza en un menor tiempo.

El ángulo de inclinación del tornillo se asume  $\theta = 20^\circ$  va a tender a desplazar mayor cantidad de material en menor tiempo. Es por eso que los fabricantes de tornillo sinfin lo recomiendan. [9]

Sustituyendo los valores obtenidos de las ecuaciones 11, 12 y 13 en las ecuaciones 7 y 8 se puede ver que:

$$\alpha = \frac{1}{2} \pi^2 D^2 h_{zc} \cdot \text{sen } \theta \cos \theta \quad (7)$$

$$\alpha = \frac{1}{2} * \pi^2 (0.095)^2 * (0.011) * \text{sen } (20^\circ) * \cos (20^\circ)$$

$$\alpha = 1.574 * 10^{-4}$$

$$\beta = \frac{\Pi D h_{zc}^3 * \text{sen}^2 \varphi}{12 L_{zc}} \quad (8)$$

$$\beta = \frac{\Pi * 0.095 * (0.0118)^3 * \text{sen}(20)}{12 * 0.403}$$

$$\beta = 3.468 * 10^{-8}$$

La determinación de la viscosidad del polietileno fundido, se realizara a través de la siguiente ecuación ya que contiene un factor de seguridad: [23]

$$\mu_{\text{polietileno}} = (\bar{M}_{\text{Polietileno}})^{3.4} \quad (14)$$

La masa molar media del polietileno sólido es de  $500000 \frac{g}{mol}$  este valor es extraído de la tabla N° 2 (anexos) donde ese exponen varios materiales y sus respectivos limites de trabajo.

Sustituyendo el valor en la ecuación 14 y evaluando el resultado se obtiene:

$$\mu_{\text{polietileno}} = (500)^{3.4} Pa \cdot s$$

$$\mu_{\text{polietileno}} = 1050 KPa \cdot s$$

Ya conocidos los valores de  $\alpha$ ,  $\beta$  y  $\mu$  se procede a determinar la presión de retroceso a través de la siguiente ecuación:

$$p_{\text{retroceso}} = \frac{(\alpha N - Q) * \mu}{\beta} \quad (15)$$

Donde:

N = factor de seguridad

$$p_{\text{retroceso}} = \frac{(1.574 * 10^{-4} * 3 - 5.09 * 10^{-5}) * 1050}{3.468 * 10^{-8}}$$

$$p_{\text{retroceso}} = 3980567.01 \text{ Pa}$$

$$p_{\text{retroceso}} = 3980 \text{ KPa}$$

El material del tornillo se seleccionara de acuerdo al análisis de esfuerzos a los cuales va a estar sometido el tornillo, bajo los siguientes criterios: torsión, deflexión lateral y fatiga. El diagrama de esfuerzos a la cual esta sometido el tornillo se muestra a continuación:

Figura N° 40 Diagrama de cuerpo libre

Fuente: Batista y Valido (2008)

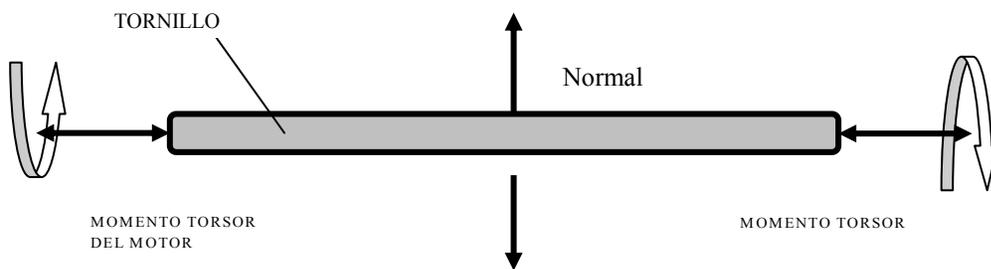
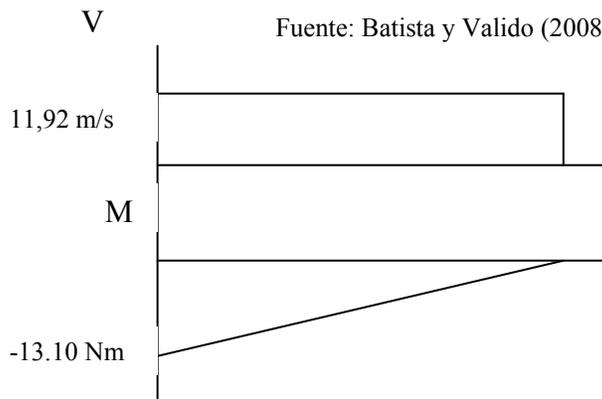


Figura N° 41 Diagrama de velocidad y momento

Fuente: Batista y Valido (2008)



### 4.2.1 Torsión

El criterio de torsión se emplea debido al par generado por el motor hidráulico que proporciona el giro al tornillo.

$$\Phi = \frac{M_t \times L}{G * J} \quad (16)$$

$$J = \frac{\Pi \times D^4}{32} \quad (17)$$

$$J = \frac{\Pi \times (0.095)^4}{32} = 7.99 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

Para determinar el  $M_t$  se utilizo la siguiente ecuación: [24]

$$M_t = \frac{SME \times C_i}{Rpm} \quad (18)$$

Donde:

SME = energía mecánica específica J / Kg.

SME = 45 W \* sg / Kg. dato suministrado por la empresa FAACA

$C_i$  = Capacidad de inyección

Rpm = Velocidad de rotación del tornillo

Los datos de capacidad de inyección y velocidad de rotación son extraídos del anexo N° 1

$$C_i = \text{capacidad de plastificación} = 0.056 \frac{\text{Kg}}{\text{s}}$$

Velocidad de rotación del tornillo (Rpm)= (10 – 140), para la realización de los cálculos es necesario tomar el valor mas alto para así garantizar que no falle el tornillo al momento de su operación.

Sustituyendo los valores en la ecuación 18 se obtiene:

$$M_t = \frac{45 \text{ .Wsg / Kg} \times 0.056 \text{ .Kg / sg}}{140 \text{ .Rpm}}$$

Realizando las debidas conversiones de las unidades se obtiene:

$$M_t = 615.66 \text{ Nm}$$

La deformación máxima permitidas es de  $\phi_{\max} = (0.20 \text{ }^\circ/\text{m}$  a  $0.25 \text{ }^\circ/\text{m}$  ). Este rango de valores lo proporcionan los fabricantes de tornillo sinfin [4]. Se toma el más crítico que es  $0.25^\circ/\text{m}$  ya que es la condición más critica que sufre el tornillo. Los fabricantes de tornillo sinfin sugieren que al momento de un diseño se debe tomar el que garantice que no falle al momento de algún imprevisto.

Ya conocidos los valores necesarios de la ecuación 16 procedemos a sustituirlos y despejar a el modulo de rigidez se tiene:

$$0.25 = \frac{615.66 \text{ N.M} \times 2.06}{G \times 7.99 \times 10^{-6}}$$

$$G = 66.379 \text{ Gpa.}$$

### 4.2.1.1 Tipos de material

En base a el modulo de rigidez antes calculado (66,379 GPa) se selecciona el material. Revisando las características de algunos aceros tratados térmicamente con propiedades comunes para materiales normalizados y recocidos, tomando en cuenta que las propiedades para aceros templados y revenidos (T&R) son de una sola colada, y que debido a las muchas variables los valores tomados son promedios globales, se concluye que el acero mejor especificado es el AISI 4340, cuyo modulo de rigidez es  $G = 73,1 \text{ GPa.}$ , según se muestra en la tabla N° 5 y el anexo N° 3.

Tabla N° 5 Aceros para la fabricación del tornillo

Fuentes: ASM metals Reference Book, 2a. ed., American Society for metals, Metals Park

AISI	Tratamiento	Temperatura (°C), (°F)	Resistencia a la tensión (Mpa)(KPSi)	Resistencia a la cedencia (Mpa)(KPSi)	Elongación (%)	Reducción en área (%)	Dureza Brinell
4340	T&R	315 (600)	1720 (250)	1590 (230)	10	40	486
	T&R	425 (800)	1470(213)	1360 (198)	10	44	430
	T&R	540 (1000)	1170 (170)	1080 (156)	13	51	360
	T&R	650 (1200)	965 (140)	855 (124)	19	60	280

Tabla N° 6 Aceros para la fabricación del tornillo

Fuentes: ASM metals Reference Book, 2a. ed., American Society for metals, Metals Park

Grado (a)	Descripción (f)	Dureza HB	Resistencia a la tensión (Mpa) (ksi)	Reducción en área (%)	Deformación Verdadera a la fractura ( $\epsilon_f$ )	Modulo de elasticidad. E Gpa 10 <sup>4</sup> psi	Coficiente de resistencia a la fatiga $\sigma_f$	Exponente de resistencia a la fatiga b	Coficiente de ductilidad a la fatiga $e_f$	Exponente de ductilidad a la fatiga C
4142	T&R	560	2240 325	27	0.31	205 30	2655 385	-0.089	0.07	-0.76

Este acero AISI 4340 es recomendado para el trabajo en tornillos extrusores e inyectores, debido a su composición química, resiste a la corrosión por cloro producido por el polietileno.

Este proceso de selección de material, se realiza con la finalidad de poder ejecutar todos los cálculos necesarios tales como: deflexión, pandeo y fatiga, los cuales garantizan que el material utilizado es el adecuado y que el tornillo no falle al momento de la operación. Para la realización de estos cálculos es necesario conocer las siguientes propiedades: resistencia a la tensión, resistencia a la cedencia, elongación y dureza.

#### **4.2.2 Deflexión lateral del tornillo Sinfín**

La máquina a rediseñar contiene un tornillo empotrado en un extremo y libre en el otro. Por tanto se considera la deflexión del tornillo como una viga en voladizo. Dicha deflexión tiene su valor máximo, la cual no debe exceder el valor de la holgura que existe entre el tornillo y el barril o cañón como se muestra en la figura N° 42.

Al superar la holgura ocasionaría una fricción entre los dos elementos, lo cual origina una recirculación del polietileno, desgaste del tornillo y daños al motor debido a la carga adicional que sufre el equipo.

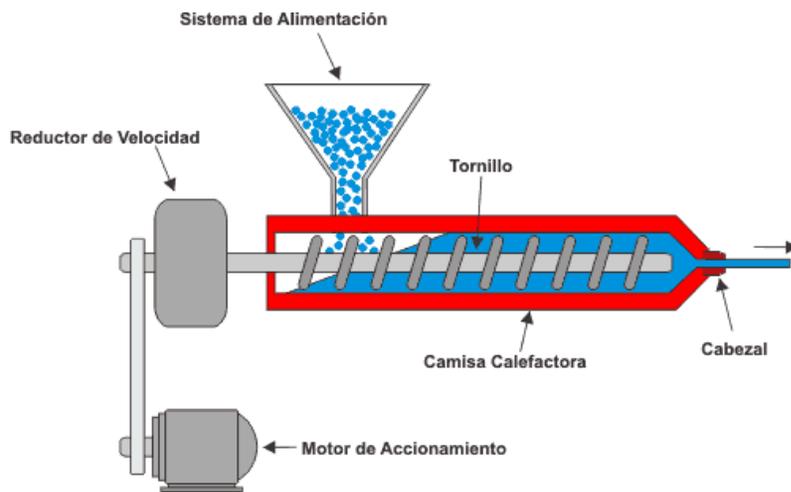
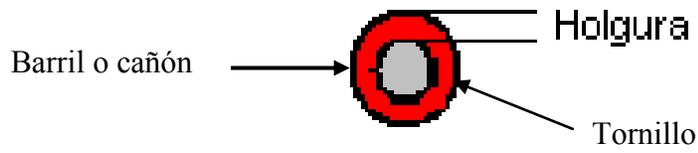


Figura N°42 Tornillo sin fin en funcionamiento

Fuente: [www.interempresas.net](http://www.interempresas.net)

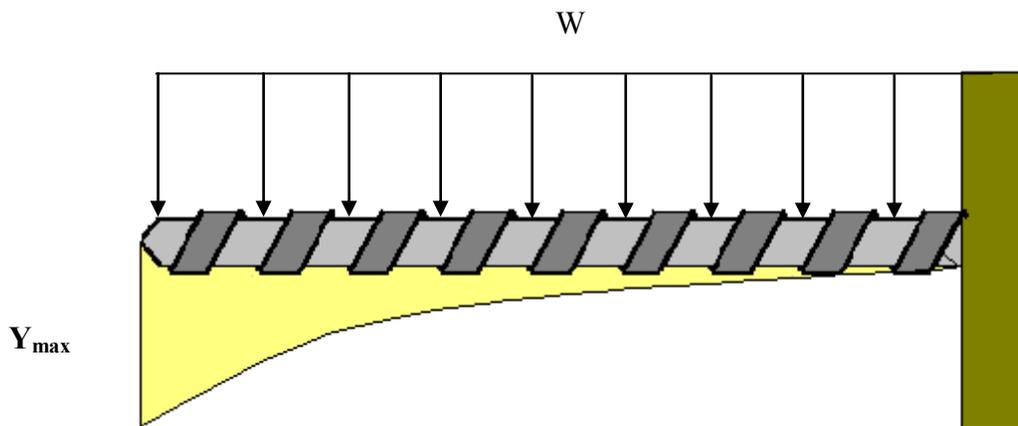


Figura N° 43 Diagrama de deformación máxima

Fuente: Diseño de máquina

#### 4.2.2.1 Ecuaciones de deformación máxima:

$$Y_{\max} = \frac{w * Ltornillo^3}{8 * E * I} \quad (19)$$

$$Y_{\max} = 2 \times 10^{-3} D \quad (20)$$

Donde:

$$I = \frac{\Pi * D^4}{64} \quad (21)$$

$$g = 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$\rho_{\text{acero}} = 7843.68 \text{ kg/m}^3$$

$$W = \text{Volumen del tornillo} * \rho_{\text{acero}} * \text{gravedad} \quad (22)$$

$$\text{Volumen del tornillo} = L_{\text{tornillo total}} * \frac{D_{\text{tornillo}}^2}{4} * \Pi \quad (23)$$

$$\text{Volumen del tornillo} = 1.615 \text{ m} * \frac{(0.095)^2 \text{ m}^2}{4} * \Pi$$

$$\text{Volumen del tornillo} = 3.61 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$W = 3.61 \times 10^{-3} \text{ m}^3 * 7843.68 \text{ kg/m}^3 * 9.81 \text{ m/s}^2$$

$$W = 277.49 \text{ N}$$

Luego sustituyendo en la ecuación 19 y 20 de la deformación máxima y despejando el módulo de elasticidad del material se tiene que:

$$I = \frac{\Pi * (0.095^4)}{64} = 3.998 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$Y_{\max} = 2 \times 10^{-3} * (0.095)$$

$$Y_{\max} = 1.9 \times 10^{-4} \text{ m}$$

$$E_{\text{teórico}} = \frac{277.49 * (1.615)^3}{8 * (1.9 \times 10^{-4}) * 3.998 \times 10^{-6}}$$

$$E_{\text{teórico}} = 192.25 \text{ Gpa}$$

Comparando el resultado obtenido con las tablas N° 5, 6 y 7 o experimental se puede notar que el material cumple con las condición como lo es que el  $E_{\text{teórico}}$  sea menor el  $E_{\text{tabla}}$  para el caso de deflexión por lo tanto no falla por deflexión lateral del tornillo sinfn.

#### 4.2.2.2 Cálculo para la selección de Rodamiento del tornillo

El rodamiento, es un elemento mecánico que reduce la fricción entre un eje y las piezas conectadas a éste, sirviéndole de apoyo y facilitando su desplazamiento. El rodamiento de rodillos cilíndricos que se va a utilizar, tiene guiados sus rodillos por pestañas en uno de los aros. El otro aro, el aro libre, generalmente no tiene pestañas. Esta ejecución presenta la ventaja de permitir que el tornillo sin fin se desplace axialmente dentro de ciertos límites, con respecto al soporte. Este rodamiento es adecuado para cargas radiales relativamente grandes y puede también soportar altas

velocidades. El desmontaje es muy fácil, aunque ambos aros estén montados con ajuste fuerte.

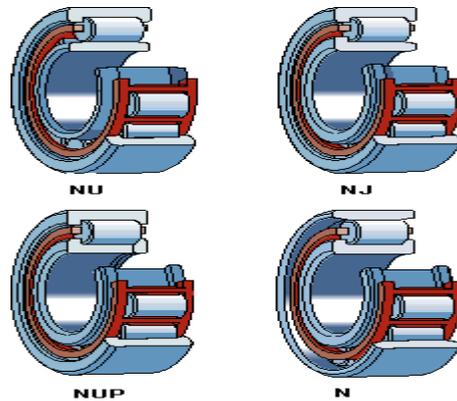


Figura N° 44 Rodamiento

Fuente: Rodamiento Cilíndrico

La capacidad de carga dinámica ( $C$ ), se usa para los cálculos en que intervienen rodamientos sometidos a esfuerzo dinámicos, es decir, al seleccionar un rodamiento que gira sometido a carga. Normalmente el parámetro  $C$  se define como capacidad dinámica radial básica de carga o capacidad dinámica específica. Es la carga radial constante que puede soportar un grupo de rodamientos, aparentemente idénticos, hasta una vida nominal determinada.

Las cargas que actúan sobre un rodamiento se pueden calcular de acuerdo con las leyes de la mecánica siempre que se conozcan o se puedan determinar las fuerzas externas. Cuando se calculan los componentes de carga para un rodamiento individual, el eje se considera como una viga que descansa sobre soportes rígidos y no sometidos a momentos, a efecto de simplificar los cálculos. Tampoco se tienen en cuenta las deformaciones elásticas en el rodamiento, el soporte o el bastidor de la máquina, ni los momentos producidos en el rodamiento como resultado de la flexión del eje.

El método más simple para calcular la duración de un rodamiento consiste en la aplicación de la fórmula ISO de la vida nominal, donde el valor de **(a)** es una constante de acuerdo al tipo de rodamiento; es decir: [25]

- a = 3 para rodamientos de bolas
- a = 10/3 para rodamientos de rodillos

$$L = (C/P)^a \quad (24)$$

Donde:

- L = Vida de cálculo o de catálogo (expectativa de vida con el 90 % de probabilidad)
- C = capacidad de carga dinámica radial básica de un rodamiento de una hilera de rodillos para una vida L de 1 millón de revoluciones.
- P = carga dinámica radial equivalente.

Los fabricantes de rodamientos publican designaciones de los rodamientos a un cierto número de horas de vida útil a una velocidad específica. La compañía Timker, por ejemplo, designa los rodamientos que fabrica para 3000 horas a una velocidad de 500 RPM. Esto corresponde a una vida L de 90 millones de revoluciones. La compañía FAG Y SKF designa los rodamientos que fabrica para una

vida L de 1 millón de revoluciones. También estas compañías recomiendan un tipo de rodamiento de rodillos cilíndricos sellados y resistentes a las altas temperaturas para la máquina de inyección de plástico.

Por tanto:

$C$  = Capacidad radial nominal de catalogo (KN).

$L_R$  = Vida nominal de catálogo (h) correspondiente a una confiabilidad del 90 %

$n_R$  = velocidad nominal de catálogo (RPM)

$F_D$  = carga de diseño radial requerida (KN)

$L_D$  = vida de diseño requerido (h)

$n_D$  = velocidad de diseño requerida (RPM)

Así:

$$C = F_D * (N_D / N_R)^{1/a} \quad (25)$$

$$N_D = 60 * L_D * n_D \quad (26)$$

$$N_R = 60 * L_R * n_R \quad (27)$$

Datos extraído del anexo1 y Fabricantes de Rodamientos SKF [28]:

$C = ?$

$L_R = 3000$  horas (Compañía Timker)

$n_R = 500$  RPM (Compañía Timker)

$L_D = 2688$  horas (anexo 1)

$n_D = 140 \text{ RPM (anexo 1)}$

$$F_D = [(F_{\text{retroceso}})^2 + (F_{\text{cr}})^2]^{1/2} \quad (28)$$

$$F_D = [(20,48)^2 + (158,84)^2]^{1/2}$$

$$F_D = 160,15 \text{ KN}$$

$$L_D = (8 \text{ horas / días}) * (7 \text{ días / semana}) * (12 \text{ semanas / año}) \quad (29)$$

$$L_D = 2688 \text{ horas / año}$$

Sustituyendo los valores en la ecuación N° 55 nos queda:

$$C = 105.77 \text{ KN}$$

Para las compañías fabricantes de rodamientos FAG Y SKF podemos calcularla con la ecuación N° 24:

$$C = P * L^{1/a}$$

Donde:  $L = 1 \times 10^6$

$$C = 160,15 \text{ KN} * (1)^{3/10}$$

$$C = 160,15 \text{ KN}$$

Comparando el resultado de la carga dinámica con los catálogos de rodamientos presente en el anexo N° 5 y anexo N° 6 se puede observar que pertenece a rodamiento cilíndrico y que se encuentra en un intervalo (150 y 170 KN). Debido a esto se selecciona aquel que se encuentre por arriba de la carga dinámica calculada, para así garantizar que el rodamiento cumpla con las condiciones exigidas.

Las características de dicho rodamientos cilíndricos es diámetro interno de 75 mm, diámetro externo de 150 mm y código NU 315 ECP/VL0241. Todos estos cálculos se realizo con la finalidad de seleccionar el rodamiento adecuado a las cargas requeridas para la operación.

#### **4.2.3 Pandeo en el tornillo**

Como ya se ha mencionado en los capítulos anteriores, se debe garantizar que el tornillo no falle en el momento de operación, para esto es necesario conocer cuáles son los esfuerzos al cual va a estar sometido el tornillo. Uno de los esfuerzos es el pandeo, si el tornillo llegase a pandear más de lo permitido ocasionaría desgaste entre el tornillo y el barril, trayendo como consecuencia recirculación del material. Para evitar esto se plantea las siguientes ecuaciones: [25]

$$Re = \frac{Le}{r_{giro}} \quad (30)$$

Donde:

Re = Razón de esbeltez

Le = Longitud especifica (longitud del tornillo)

$r_{giro}$  = Radio de giro

$$L_e = 2.06\text{m}$$

$$I = \frac{\pi * D^4}{64} \quad (31)$$

Donde:

I = Inercia

D = Diámetro del tornillo

$$I = \frac{\pi * (0.095)^4}{64}$$

$$I = 3.498 \times 10^{-6} \text{ m}^4$$

$$A = \frac{\pi * D^2}{4} \quad (32)$$

Donde:

A = Área

D = Diámetro del tornillo

$$A = \frac{\pi * (0.095)^2}{4}$$

$$A = 7.088 \times 10^{-3} \text{ m}^2$$

Sustituyendo los valores de las ecuaciones 31 y 32 en la ecuación 30 se tiene:

$$Re = \frac{2.06}{\sqrt{\frac{3.998 \times 10^{-6}}{7.088 \times 10^{-3}}}}$$

$$Re = \frac{2.06 m}{0.0237}$$

$$Re = 86.91$$

Ahora bien es necesario comparar el valor de Re con el valor de Cc, para así determinar el criterio de diseño (tornillo corto o largo). Es por eso que se aplica la siguiente ecuación: [25]

Ecuación de esbeltez teórica:

Para poder determinar si el tornillo se va a comportar como tornillo largo o corto es necesario conocer la carga crítica del material para eso utilizamos:

$$C_c = \sqrt{\frac{2\Pi^2 * E}{S_y}} \quad (33)$$

Para el acero AISI 4340 (Tabla N° 5)

$$E=195\text{Gpa} \quad S_y= 1720\text{Mpa}$$

$$S_y = 1.72\text{Gpa}$$

$$C_c = \sqrt{\frac{2 * \Pi^2 (195)}{11.70}}$$

$$C_c = 57.35$$

Debido a que  $Re > C_c$  se ubica en el caso de tornillo largo, por lo tanto la carga crítica viene dada por la expresión que se muestran a continuación.

$C$  = es una constante de sujeción en los extremos de la columna (empotrado - libre). Para el caso en estudio, como es  $\frac{1}{4}$  el que recomienda: [25]

$$P_{cr} = \frac{C * \Pi^2 * E * I}{L_e^2} \quad (34)$$

$$P_{cr} = \frac{(\frac{1}{4}) * \Pi^2 * 205 \text{ Gpa} * 3.998 \times 10^{-6} \text{ m}^4}{(2.06 \text{ m})^2}$$

$$P_{cr} = 476.5 \text{ KN}$$

Empleando un factor de seguridad de 2.5 o 3 como valor recomendado por H. Blume autor del libro “Extracción de plástico” ya que, la carga que afecta al tornillo es repetitiva en una sola dirección, entonces la carga resultante será:

$$P = \frac{P_{cr}}{3} \quad (35)$$

$$P = 158.84 \text{ KN}$$

$$F_{retroceso} = P_{retroceso} * A \quad (36)$$

$$F_{retroceso} = 2890.07 * 7.088 \times 10^{-3}$$

$$F_{retroceso} = 20.48 \text{ KN}$$

Si la carga de diseño ( $P$ ) > Fuerza de retroceso ( $F_{\text{retr.}}$ ) entonces el tornillo no falla por este criterio [24]. En este caso  $158.84 > 20.48$  por lo tanto no falla por pandeo.

#### 4.2.4 Fatiga en el tornillo

Para diseñar a fatiga el tornillo, es necesario conocer el número de ciclos al cual se encuentra sometido durante su vida útil. Tomando como vida útil 10 años ya que, es la vida útil que recomiendan los fabricantes de máquinas de inyección de plástico (ROMI) [29]. Cuando está nueva, se procede a determinar la clasificación del tipo de fatiga y el tiempo total del ciclo de inyección.

$$T_{\text{total del ciclo de inyeccion}} = T_v + T_I + T_S \quad (37)$$

Donde:

$T_v$  = Tiempo de apertura del molde + Tiempo de cierre del molde

$T_I$  = Tiempo de inyección

$T_S$  = Tiempo de enfriamiento dentro del molde

Se puede observar en el anexo N° 1 (datos de la máquina actual), que el tiempo del ciclo en vacío es 4.8seg este es el tiempo que tarda en inyectar el polietileno.

El tiempo de cierre y apertura es modificado con el rediseño del sistema hidráulico, es por ello que se estima colocar el tiempo de apertura y cierre a 2 y 3 segundos respectivamente.

$$T_v = 2 \text{ seg} + 3 \text{ seg} \quad (38)$$

$$T_v = 5 \text{ seg.}$$

Para los valores de tiempo de inyección y tiempo de enfriamiento dentro del molde se consulto con las personas encargadas en el mantenimiento y operación del equipo en la empresa FAACA y nos dieron los siguientes valores:

$T_i = 3 \text{ seg}$  (Varia de acuerdo al molde, pero con una pieza mediana de 2.056 Kg se puede seleccionar 3 seg.) [1]

$T_s = 52 \text{ segundos}$  (considerando que es para la pieza mediana de 2.056 Kg.) [1]

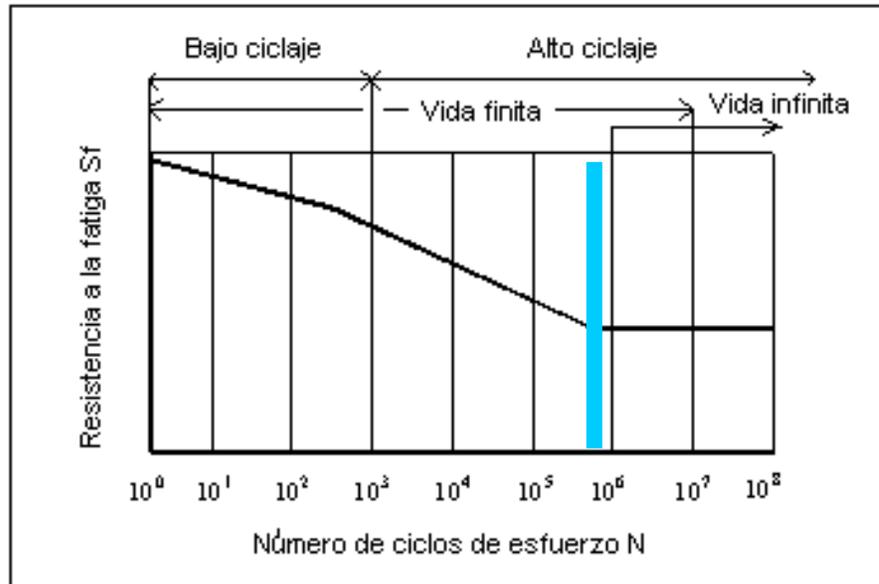
$$\text{Tiempo total} = 5 + 3 + 52$$

$$\text{Tiempo total} = 60 \text{ sg}$$

$$N^{\circ} \text{ ciclos} = \frac{1 \text{ ciclo}}{1 \text{ min}} * \frac{60 \text{ min}}{1 \text{ hora}} * \frac{8 \text{ horas}}{1 \text{ dia}} * \frac{5 \text{ dias}}{1 \text{ sem}} * \frac{44 \text{ sem}}{1 \text{ año}} * 10 \text{ años} \quad (39)$$

$$N^{\circ} \text{ ciclos} = 105600 \text{ Ciclos}$$

Teniendo el número de ciclos se va a la gráfica del número de ciclos de esfuerzo contra resistencia a la fatiga para determinar el intervalo del tipo de fatiga, donde se observa que se ubica en la zona de vida infinita.



Grafica N° 1 Diagrama de número de esfuerzos contra resistencia a la fatiga  
Fuente: Shigley , (2001)

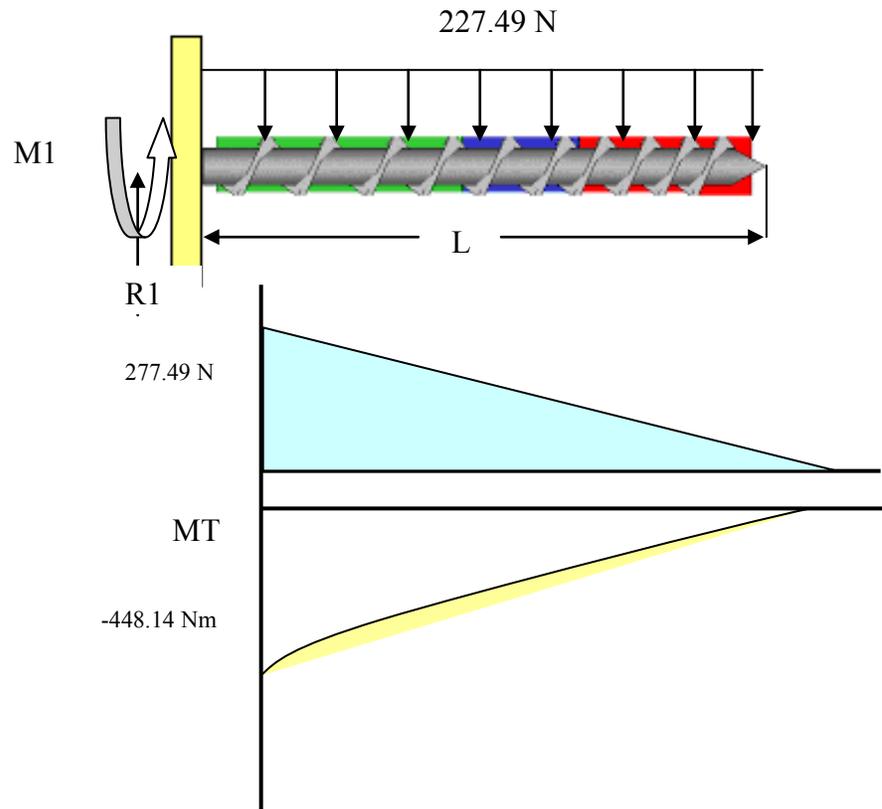
Ya que se ubica en la zona de vida infinita, se procede a determinar la fatiga por ser este el caso más crítico.

En primera instancia se gráfica el diagrama de corte y momento, considerando la longitud del tornillo 1.615 metros distancia a la cual va estar sometida una fuerza de 277.49 Newton

$$MT = L * w \quad (40)$$

$$MT = 1.615 \text{ m} * 277.49 \text{ N}$$

$$MT = 448.14 \text{ Nm}$$



Luego se procede a determinar, utilizando la ecuación de esfuerzo de Von Mises ya que, contiene el cálculo de esfuerzos equivalente para los aceros. [25]

$$\sigma_{adm} = \sqrt{(\sigma_{eq}^2 + 3\tau_{eq}^2)} \quad (41)$$

Donde:

$$\sigma_{eq} = \sigma_m + \frac{S_y}{S_n} * \sigma_a * k_t \quad (42)$$

$$\tau_{eq} = \tau_n + \frac{S_{yc}}{S_{nc}} * \tau_a * k_t \quad (43)$$

$k_t = 1$  Para temperaturas = 250 °C [23]

$S_y = 1720 \text{ Mpa} = 1.72 \text{ Gpa}$  Para el acero AISI 4340 (Tabla N° 5)

$N$  = Factor de seguridad para cargas repetitivas en una misma dirección. [24]

$$\sigma_{adm} = \frac{S_y}{N} \quad (44)$$

$$\sigma_{adm} = \frac{1.72}{3} = 0.5733 \text{ Gpa}$$

Luego se debe determinar el diámetro y compararlo con el diámetro propuesto para así verificar si falla o no el tornillo. Una de la forma es a través de la ecuación de Von Misses pero, se deben aplicar los factores de corrección a la fatiga teórica ya que se puede tener un pequeño porcentaje de error el cual se debe solventar. Esta ecuación viene expresada de la siguiente forma:

$$S_n = C * S_n', \text{ donde } S_n' = 0.5 * S_u \quad (45)$$

$S_u = 1.59 \text{ Gpa}$  Para el acero AISI 4340 (Tabla N° 5)

$$S_n' = 0.5 * 1.59 = 0.795 \text{ Gpa}$$

$$C = C_m * C_{st} * C_s \quad (46)$$

$C_m =$  factor de material = 0.8 (acero) [25]

Cst = factor de tamaño = 0.75 (50mm<d<100mm) [25]

Cs = factor de superficie

$$C_s = a * S_u^b \text{ donde } a= 1.58, b= -0.085 \quad (47)$$

$$C_s = 1.58*(1.59)^{-0.085} = 1.52$$

$$C = 0.8*0.75*1.52 = 0.912$$

$$S_n = 0.912*0.795 = 0.725 \text{ Gpa}$$

$$\sigma_m = \frac{(\sigma_{\max} + \sigma_{\min})}{2} \quad \sigma_a = \frac{(\sigma_{\max} - \sigma_{\min})}{2} \quad (48)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{F_{\text{retroceso}}}{A} + \frac{M_f * \frac{D}{2}}{\Pi * \frac{D^4}{64}} \quad (49)$$

$$\sigma_{\max} = \frac{20.48}{\Pi D^2} + \frac{448.14}{\Pi D^3}$$

$$\sigma_{\max} = \frac{26082}{D^2} + \frac{9129.43}{D^3}$$

$$\sigma_{\min} = \frac{F_{\text{retroceso}}}{A} - \frac{M_f * \frac{D}{2}}{\Pi * \frac{D^4}{64}} \quad (50)$$

$$\sigma_{min} = \frac{26082}{D^2} - \frac{9129.43}{D^3}$$

Sustituyendo los resultados de las ecuaciones N° 49 y 50 en la ecuación N° 48 se determina:

$$\sigma_{max} = \frac{26082}{D^2} \quad (51)$$

$$\sigma_a = \frac{9129.43}{D^3} \quad (52)$$

Luego se sustituye en la ecuación N° 42 del  $\sigma_{eq}$  y se obtiene:

$$\sigma_{eq} = \frac{\frac{20.48}{\Pi * D^2} + \frac{34.5}{2.44} * \left( \frac{9129.43}{D^3} \right)}{4}$$

$$\sigma_{eq} = \frac{26082}{D^2} + \frac{129084.2}{D^3}$$

Ahora bien para determinar  $\tau_m$  y  $\tau_a$  se utilizan las siguientes expresiones: [26]

$$\tau_a = \frac{\tau_{max} - \tau_{min}}{2} \quad (53)$$

$$\tau_m = \frac{\tau_{max} + \tau_{min}}{2} \quad (54)$$

$$\tau_{\max} = \frac{V}{A} + \frac{Mt * \frac{D}{2}}{\frac{\Pi * D^4}{32}} \quad (55)$$

$$\tau_{\max} = \frac{277.49}{\frac{\Pi * D^2}{4}} + \frac{448.14 * \frac{D}{2}}{\frac{\Pi D^4}{32}}$$

$$\tau_{\max} = \frac{353.31}{D^2} + \frac{2282.3}{D^3}$$

$$\tau_{\min} = \frac{V}{A} - \frac{Mt * \frac{D}{2}}{\frac{\Pi * D^4}{32}} \quad (56)$$

$$\tau_{\min} = \frac{353.31}{D^2} - \frac{2282.3}{D^3}$$

Sustituyendo las ecuaciones 55 y 56 en las ecuaciones 53 y 54 se obtienen los siguientes resultados:

$$\tau_m = \frac{353.31}{D^2}$$

$$\tau_a = \frac{2282.3}{D^3}$$

Ya obtenido los esfuerzos  $\tau_a$  y  $\tau_m$  se procede a sustituirlas en la ecuación N° 53 que se encuentra a continuación para aplicar las formulas de corrección a la fatiga teórica de la resistencia a la fatiga corregida las cuales vienen dadas por: [25]

$$S_{yc} = 0.577 * S_y \quad (57)$$

$$S_{yc} = 0.577 * 34.5 = 19.9065 \text{Gpa}$$

$$S_{nc} = 0.8 * S_n \quad (58)$$

$$S_{nc} = 0.8 * 2.44 = 1.952 \text{Gpa}$$

$$\tau_{equi} = \tau . m + \frac{S_{yc}}{S_{nc}} * \tau . a \quad (59)$$

Sustituyendo la ecuación 57 y 58 en la ecuación 59 se obtiene la siguiente expresión:

$$\tau_{equi} = \frac{353 . 31}{D^2} + \frac{19 , 906}{1 , 952} * \frac{2282 , 3}{D^3}$$

$$\tau_{equi} = \frac{353 . 31}{D^2} + \frac{23274 , 9}{D^3}$$

Entonces, sustituyendo en la ecuación (41), y despejando el diámetro, se obtiene que:

$$\sigma_{adm} = \sqrt{(\sigma_{eq}^2 + 3\tau_{eq}^2)}$$

$$11.5 = \sqrt{\left( \sigma_{eq}^2 + 3 \left( \frac{353.31}{D^2} + \frac{2282.3}{D^3} \right)^2 \right)}$$

$$D = 0.076 \text{ m}$$

Comparando este resultado de diámetro teórico (0.076 m), con el diámetro real del tornillo (0.095 m), se puede observar que no va a fallar por fatiga ya que  $D_{\text{teórico}} > D_{\text{real}}$ .

### 4.3 Diseño del Barril

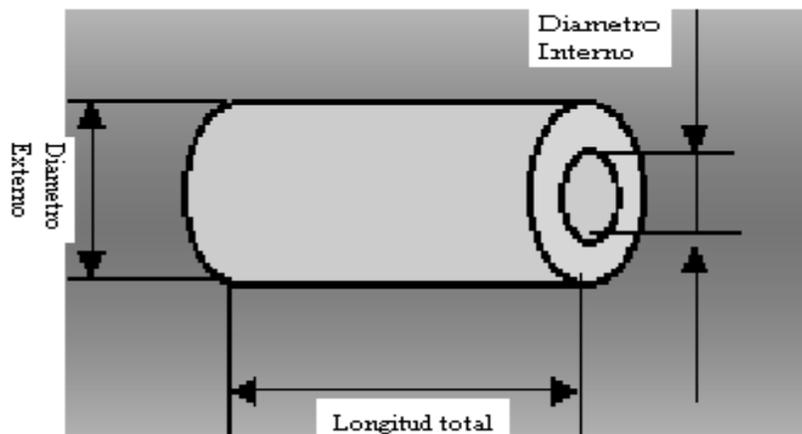


Figura N° 45 Vista frontal del Barril

Fuente: Batista y Valido (2008)

Para rediseñar la máquina se hace necesario el conocer, cuáles serán las características o parámetros a la cual estará sometido el barril.

En primer lugar, el diámetro interno del Barril es determinado por el diámetro del tornillo más la holgura.

$$\varnothing_{\text{barril}} = \varnothing_{\text{tornillo}} + H \quad (60)$$

$$H = 2 \cdot 10^{-3} \cdot D \quad (61)$$

$$H = 2 \cdot 10^{-3} \cdot (0.095) = 1.9 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

$$\varnothing_{\text{barril}} = (0.095) + 1.9 \cdot 10^{-4}$$

$$\varnothing_{\text{barril}} = 0.09519 \text{ m}$$

En segundo lugar, los esfuerzos internos del barril al inyectar el polietileno. Estos esfuerzos son elevados y se producen cuando se va a inyectar el polietileno a alta presión [18]. Suponiendo que esta presión es igual en todo el Barril ya que la carga es repetitiva en una sola dirección, se puede decir que se comporta como un recipiente a presión.

Utilizando las ecuaciones de recipientes a presión de pared delgada.[24]

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{P_{\text{iny}} \cdot (D_{\text{int barril}} + e)}{2 \cdot e} \quad (62)$$

$$\sigma_{\text{adm}} = \frac{S_y}{N} \quad (63)$$

Donde:

e = Espesor del barril

N = Factor de seguridad

P<sub>iny</sub> = Presión de inyección

El material con que está hecho el Barril es acero 4140 T&R con un  $S_y = 1770 \text{ Mpa}$  (anexo N° 3), considerando el mismo factor de seguridad del tornillo  $N = 3$  para evitar que no falla ninguna de las dos piezas al momento de operación y con carga repetitiva en una sola dirección, se tiene que:

$$\sigma_{adm} = \frac{1770}{3} = 590 \text{ Mpa}$$

Sustituyendo en la ecuación N° 62.

$$590 * 10^6 \text{ Pa} = \frac{149085336 \cdot 95 \text{ Pa} * (0.09519 + e)}{2 * e} \Leftrightarrow e = 1.376 * 10^{-2} \text{ m}$$

Si  $2e < D_{int \text{ Barril}}$  Entonces cumple con las condición de resistencias necesaria para recipiente de pared delgada. [9]

$$2 * 1,376 * 10^{-2} = 0,02752$$

Como  $0,02752 < 0,09519$  (por tanto cumple con la condición mencionada anteriormente)

Para el posterior cálculo de potencia de la resistencia eléctrica es necesario conocer la longitud Total del barril, es por eso que se aplica la siguiente ecuación: [8]

$$L_{Barril} = L_{TotalTornillo} - L_{acop} + 2 * e \quad (64)$$

$$L_{Barril} = 2.06 \text{ m} - 0.16 \text{ m} + 2 * 1.376 * 10^{-2} = 1.93 \text{ m}.$$

#### 4.4 Cálculo de la Potencia para las Resistencias Eléctricas

Utilizando la ley de Joules se obtiene la potencia necesaria para las resistencias, que se necesitaran durante la operación de la máquina para el proceso de fundición del plástico, es por ello que se aplica la ecuación siguiente:

$$Q = 2 \cdot \pi \cdot K \cdot L \cdot (T_i - T_o) / \ln (r_o/r_i) \quad (65)$$

Donde:

Q = transferencia de calor en Watts

K = Constante (16.3 W/m°C)

L = longitud

T<sub>i</sub> = temperatura interna

T<sub>o</sub> = temperatura externa (ambiente)

r<sub>o</sub> = radio externo

r<sub>i</sub> = radio interno

Los datos que se muestran a continuación son resultados de los cálculos anteriores a éstos y el valor de K se obtuvo de un trabajo de ascenso de la Universidad de Guadalajara [27]

Q = ?

K = 16.3 W/m°C

L = 1.9 m

T<sub>i</sub> = 122 °C

$$T_o = 35 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$r_i = 0.047595 \text{ m}$$

$$r_o = 0.054095 \text{ m}$$

$$V = 440 \text{ Voltios}$$

$$D_{\text{int.}} = 0.09519 \text{ m}$$

$$r_i = D_{\text{int.}} / 2$$

$$D_{\text{ext}} = D_{\text{int}} + e \quad (66)$$

$$D_{\text{ext}} = 0.09519 + 1.3 \times 10^{-2}$$

$$D_{\text{ext}} = 0.10819 \text{ m}$$

Sustituyendo en la ecuación N° 65 se obtiene:

$$Q = 2 * \pi * (16.3) * (1.9) * (122 - 35) / \ln (0.054095 / 0.047595)$$

$$Q = 132.24 \text{ KW}$$

Para las 6 resistencias eléctricas del barril que se observan en la figura N° 46 se necesitan 132.24 KW



Figura N° 46 Vista de la máquina

Fuente: Batista Y Valido (2008)

Calculando para una sola resistencia se tiene que:

$$Q = 2 * \pi * (16.3) * (0.2) * (122 - 35) / \ln (0.054095 / 0.047595)$$

$$Q = 13701.02 \text{ W}$$

$$Q = 13.7 \text{ KW}$$

Para obtener los amperes para la resistencia y poder seleccionar la resistencia adecuada, se utiliza la ley de Volt, la cual indica que:

$$Q = I * V \quad \text{despejando I queda:} \quad (67)$$

$$I = Q / V \quad (68)$$

Por lo tanto:

$$I = 13701 \text{ W} / 440 \text{ V}$$

$$I = 31 \text{ Amp.}$$

Estos cálculos se realizan con dos finalidades: La primera es seleccionar la resistencia adecuada que cumpla con la temperatura de operación (122 °C) y con la menor intensidad de corriente. La segunda finalidad es la factibilidad económica ya que en el mercado existen gran variedad de resistencias a diferentes precios.

## 4.5 Sistema Hidráulico



Figura N° 47 Vista del sistema Hidráulico

Fuente: Batista y Valido (2008)

Es el encargado de suministrar la fuerza requerida a todo el sistema de inyección de la máquina, el cual está dotado de un pistón hidráulico directo, 3 bombas y 26 válvulas.

El proceso de inyección de plástico es una combinación de fuerza y velocidad ya que, al inicio de la acción de cierre se requiere un gran caudal de fluido y máxima rapidez para evitar el enfriamiento del material, esta velocidad disminuye momentos antes de toparse las dos mitades del molde para evitar que los mismos se golpeen, a partir de este instante el caudal de fluido disminuye y se ejerce la máxima presión para garantizar el llenado de todas las cavidades del molde de manera uniforme.

Para alcanzar la máxima eficiencia en este proceso se propone la realización de varias modificaciones y ajustes en el sistema utilizando las mismas bombas con que cuenta la máquina.

Estas modificaciones consistirían en que tanto la bomba principal (alta presión) y la bomba auxiliar (baja presión) trabajen en paralelo al inicio del proceso de cierre para garantizar el caudal y velocidad necesaria. En la segunda fase se desactive la bomba de baja presión para que actúe como amortiguador, cuando se ejerza la máxima presión de llenado y de esta manera evitar el choque de las dos mitades del molde, estos cambios se pueden observar en el plano N° 2 del anexo N°12

Para garantizar el funcionamiento de estos cambios es necesario modificar el sistema de válvulas con que cuenta la máquina.

Esta modificación consiste en la eliminación de las válvulas eléctricas (27,28,29,43,44,47 y 57) según plano N° 1 del anexo N° 11 ya que, las mismas al encender el sistema generan exceso de presión lo que pudiera ocasionar una acción insegura para la máquina en caso de fallar una válvula eléctrica (solenoides). Por otra parte, en caso de fallar una de estas válvulas al momento de la operación, la máquina trabajaría a su máxima presión lo cual anularía el sistema de amortiguación que producen la bomba auxiliar de baja presión, lo que se traducirá en un choque violento de las dos mitades del molde produciéndose su deterioro y el posible daño a la bomba auxiliar.

El exceso de presión que generan estas válvulas es ocasionado porque las mismas no cuentan con un sistema de descarga de presión sino que actúan como válvulas estranguladoras.

Es por esto que se eliminan las válvulas antes señaladas y se adicionan



Con la realización de estos cambios se garantiza que los tiempos de operación de la máquina disminuyen, la calidad en el llenado de las cavidades del molde mejoren, y el nivel de seguridad en la operación sea mayor.

Todo esto redundará en una mejor productividad y calidad en las piezas a ser inyectadas y por lo tanto en una mejora de los costos de producción.

#### 4.6 Comparación entre elementos y propiedades actuales Vs rediseño

En la siguiente tabla se presenta algunos de los valores de la máquina actual y el rediseño demostrando que el rediseño es posible y factible aplicarlo.

<b>Propiedades</b>	<b>Actual</b>	<b>Rediseño</b>
Temperatura	80 – 100 °C	120 – 122 °C
Piezas fabricadas	28800 Piezas/año	57600 Piezas/año
Resistencias eléctricas	4 iguales – 2 diferente	6 iguales
Material del tornillo	AISI 4140	AISI 4340
Material del barril	AISI 4140	AISI 4140
Longitud del tornillo	2 m	2.06 m
Tiempo de fabricación de una pieza	3.40 min	Aprox. 1.10 a 1.5 min
Cantidad de bombas funcionando en apertura o cierre	1	2 o 3 de acuerdo a los requerimientos
Caudal de las bombas	45 Galones Bomba de alta 25 Galones Bomba de baja	70 Galones o 100 galones
Amperaje de las resistencias	4 resistencias de 31 amp y 2 resistencias de 20 amp	6 resistencias de 31 amp
Tipo de rodamiento	Rodamiento cilíndrico	Rodamiento cilíndrico

#### **4.7 Estudio de Factibilidad Económica.**

Este estudio tiene como finalidad, justificar la inversión necesaria para la elaboración de este proyecto y establecer los beneficios económicos que representara para la empresa.

Para obtener la rentabilidad de este proyecto se utiliza el modelo de tasa interna de retorno y valor actual, el primero determina el beneficio neto anual sobre la inversión a recuperar al inicio de cada ejercicio fiscal y se expresa en porcentaje

El segundo expresa la rentabilidad de un proyecto de inversión en forma de una cantidad de dinero ( $B^s$ ) al día de hoy ( $t=0$ ) que es equivalente a los flujos monetarios netos del proyecto a una determinada tasa mínima de retorno.

Si la tasa de rendimiento es menor a la de retorno se considera un proyecto rentable ya que los ingresos generados cubren los costos y el rendimiento mínimo exigido.

Igualmente se determina el tiempo de amortización, el cual nos indica el lapso de recuperación total de la inversión.

En la tabla que se muestra a continuación, se presenta un resumen de los costos de los componentes o piezas que serán utilizados en el rediseño de la máquina de inyección de plástico, incluyendo valor de mano de obra.

Tabla N° 8 Inversión inicial

<b>Componente</b>	<b>Precios(B<sup>s</sup>)</b>	<b>Referencia</b>
Tornillo sin fin	12.000,00	Anexo N° 7
Barril	16.000,00	Anexo N° 7
Resistencia (6 pzs)	1.500,00	Anexo N° 7
Válvulas hidráulicas (4 pzs)	6.000,00	Anexo N° 8
Mangueras	2.300,00	Anexo N° 8
Controlador lógico Programable (PLC)	17.000,00	Anexo N° 10
Costo mano de obra	14.000,00	Anexo N° 9
<b>Total</b>	<b>68.800,00</b>	

El valor total obtenido en el resumen de costos anterior (Tabla N° 8), representa la inversión inicial que sumado a los costos operacionales e ingresos determinan el flujo monetario necesario para calcular la rentabilidad del proyecto.

Los flujos monetarios mostrados en los cálculos son estimados ya que la empresa por razones propias no muestra sus costos reales.

Un equipo cuya inversión inicial por concepto de rediseño se estima en 68.800,00 B<sup>s</sup> con un flujo neto de Bs. 475.545,00, 594.432,00, para dos años y una tasa de rendimiento del 15% .en la tabla N° 9 se muestra un resumen de los valores a utilizar para determinar la rentabilidad del proyecto

Tabla N° 9. Cálculos económicos VA

<b>Año</b>	<b>Inversión por recuperar al inicio</b>	<b>Flujo neto</b>	<b>Factor</b>	
0	68.800,00	-		
1	-	475.545,00	P/S <sub>15%,1</sub>	0.8696
2	-	594.432,00	P/S <sub>15%,2</sub>	0.7561

$$P/S=1/(1+i)^n$$

$$VA (15\%) = -68.800 + 475.545*(0.8696) + 594.432*(0.7561)$$

$$VA (15\%) = 794.207,74$$

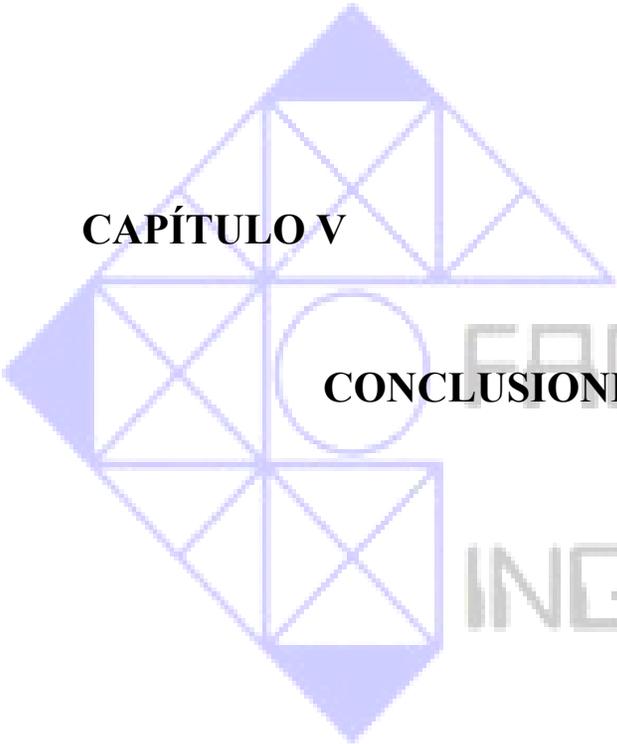
Tabla N° 10 Cálculos económicos TIR

<b>Año</b>	<b>Inversión por Recuperar al Inicio</b>	<b>Flujos Neto</b>	<b>Rendimiento Mínimo</b>	<b>Inversión Recuperada</b>	<b>Inversión por Recuperar</b>
1	68.800	475.545	10.320	465.225	*396.425
2	-	594.432	-	594.432	990.857

\*Esta cifra representa el excedente de los ingresos netos después de recuperar la inversión.

Como se puede observar en las tablas N° 9 y 10 el proyecto es rentable ya que los ingresos son suficientes para obtener una ganancia del 15 % y amortizar la inversión inicial en el primer año, con un excedente de 396.425 Bs.

Es de hacer notar que aunque se duplique la tasa de rendimiento el proyecto sigue siendo rentable con un excedente de 216.091 en el primer año lo que significa que la inversión total se recupera en un lapso de 8 meses.



**CAPÍTULO V**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

## **CAPÍTULO V**

### **5.1 Introducción**

Una vez analizada la problemática actual de la empresa FAACA en cuanto a las desperfecciones existentes en la máquina de inyección de plástico y después de realizar el cálculo previo para su mejora, se llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

### **5.2 CONCLUSIONES**

- A través de bibliografías e información suministrada por la empresa FAACA se pudo determinar cuáles son los requerimientos de trabajo como son: calidad de la pieza, cantidad de piezas, tiempo de inyección, temperatura de operación, entre otros.
- Mediante observaciones propias, se comprobó que la máquina de inyección de plástico no funciona adecuadamente, pero con el rediseño se puede incrementar la producción aproximadamente en 66% generando beneficios económicos para la empresa.
- Ya comparado los parámetros entre la máquina actual y los requeridos se estableció las diferencias, arrojando como resultado que existen variaciones de temperatura, baja presión de operación, válvulas hidráulicas inadecuadas, material de fabricación del tornillo no apto para operar.
- Todos los cambios contribuirán al aumento en la productividad, la reducción de los costos de operación en un 50% y el incremento en los niveles de calidad de las piezas a fabricar.

- Todos los cálculos presentes en el proyecto garantizan que las piezas estudiadas como: el tornillo, el barril, el sistema hidráulico, el rodamiento y las resistencias no fallen al momento de su operación.
- Este proyecto es totalmente rentable ya que el retorno de la inversión se produce en el primer año de aplicado el mismo.

### **5.3 RECOMENDACIONES**

- Implementar el rediseño propuesto en este trabajo de grado, ya que garantiza el aumento de la cantidad de piezas a 57600 y un adecuado funcionamiento del equipo.
- Para garantizar que el equipo no falle en el transcurso de su vida útil, es necesario realizar un plan de mantenimiento preventivo, donde se incluyan todas las partes.
- Crear un manual de operación para la máquina de inyección de plástico, donde lleve un control estadístico del proceso que garantice los niveles de producción y la calidad de las piezas fabricadas por esta máquina.
- Realizar una nueva inducción a los operadores de esta máquina con respecto al nuevo diseño y su puesta a punto, así como los nuevos parámetros de seguridad industrial, los cuales deben establecerse.
- Es necesario garantizar que las capacidades de las resistencias eléctricas sean uniformes para poder mantener el nivel adecuado de temperatura.
- Por último es necesario crear un archivo técnico en el cual se almacene toda la información y especificaciones incluyendo las modificaciones planteadas ya que no se lleva registros de las modificaciones en los años anteriores.



**ANEXO N° 1**

**FACULTAD  
DE  
INGENIERIA**

**Valores actuales de la máquina de inyección de plástico en la empresa  
FAACA (2008)**

Diámetro del tornillo = 95 (mm)

Volumen de inyección = 2338 (Cm<sup>3</sup>)

Presión de inyección = (1500) (21623) (1471), (Kg /Cm<sup>2</sup>) (Psi) (bar.)

Peso inyección = 2056(gr.)

Flujo de inyección = 1869 (cm<sup>3</sup>)

Presión sobre el material = (1442) (2018) (1414), (Kg /Cm<sup>2</sup>) (Psi) (bar.)

Presión máxima = (140) (2018) (137), (Kg /Cm<sup>2</sup>) (Psi) (bar.)

Presión mínima = (60) (864) (58), (Kg /Cm<sup>2</sup>) (Psi) (bar.)

Velocidad de inyección máx. = 486 (Cm<sup>3</sup>/sg)

Plastificación = 203 (Kg/hr)

Potencia del motor eléctrico = (37 – 45) (27 – 33), (Hp) (Kw)

Potencia motor Hidráulico = 44 (Hp)

Velocidad de Rotación del Tornillo = (10 - 140), (Rpm)

Relación L/D tornillo = 17 (mm/mm)

Carrera tornillo = 330 (mm)

Potencia total de calefacción = 25 (Kw)

Zona de calefacción + boquilla = 4 + 1

Diámetro del anillo = 175 (mm)

Fuerza de cierre molde = 650 (ton)

Carrera del plato móvil = 960 (mm)

Abertura máxima entre platos = 1650 (mm)

Espesor mínimo del molde = 300 (mm)

Espesor máximo del molde = 850 (mm)

Dimensiones externas platos = 1190\*1190 (mm)

Paso entre columnas = 790\*790 (mm)

Fuerza expulsión mecánica = (kgf) (N)

Fuerza expulsión hidráulica = 8053 (kgf) (N)

Carrera expulsor hidráulica = 250 (mm)

Superficie máxima inyectable = 2600 (Cm<sup>2</sup>)

Capacidad del tanque = 1280 (dm<sup>3</sup>)

Ciclo de vacío = 4.8 (sg)

Presión circuito = (142) (2046) (140), (kg/Cm<sup>2</sup>) (Psi) (bar)

Longitud de acoplamiento = 0.16 m

Longitud de tolerancia = 0.285 m

Capacidad de inyección = 0.056 Kg/s

Vida de diseño requerido para rodamiento = 2688 horas



**ANEXO N° 2**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

## Tabla de material de Polietileno

<http://patentados.com/invento/producto-de-moldeo-a-base-de-polietileno-con-una-masa-molar-media-de.html>

PRODUCTO DE MOLDEO A BASE DE POLIETILENO CON UNA MASA MOLAR MEDIA DE, AL MENOS, **500000 G/MOL.**

Resumen: PRODUCTOS DE MOLDEO DE POLIETILENO RESISTENTES A LOS AGENTES ATMOSFERICOS CON UNA MASA MOLAR MEDIA DE, AL MENOS, 500.000 G/MOL, CON PREFERENCIA, AL MENOS, 1.10 ELEVADO 6 G/MOL, QUE CONTIENEN UN 0,05 A 0,5% EN PESO DE UNA AMINA INHIBIDA ESTERICAMENTE Y UN 0,1 A 0,5% EN PESO DE FTALOCIANINA DE COBRE (REFERIDO AL PRODUCTO DE MOLDEO) Y, EVENTUALMENTE, OTROS ADITIVOS USUALES

Solicitante: HOECHST AKTIENGESELLSCHAFT

Nacionalidad: DE

Inventor/es: BERZEN, JOSEF, DIPL.-PHYS

Fecha de Publicación de la Concesión: 01/10/1996

Fecha Concesión Europea: 01/05/1996

Clasificación Principal: [C08K5/34](#), [C08L23/06](#)

[<< ANALOGOS DE NUCLEOSIDOS CARBOCICLICOS UTILES COMO INMUNOSUPRESORES.](#)



**ANEXO N° 3**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

TABLA A-21

Propiedades mecánicas a la tensión de algunos aceros con tratamiento térmico. [Son propiedades comunes de materiales normalizados y recocidos. Las propiedades para aceros templados y revenidos (*Quenched and Tempered, Q & T*) corresponden a un solo calor o grado. Debido al gran número de variables, las propiedades enunciadas podrían considerarse obtenibles pero no deben tomarse como valores medios o mínimos. En todos los casos, los datos proceden de probetas con diámetro igual o 0.505 in, maquinadas a partir de barras redondas de 1 in; la longitud de calibración es 2 in. A menos que se indique otra cosa, todas las probetas o muestras de ensayo se templaron en aceite.]

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI NÚM.	TRATAMIENTO	TEMPERATURA °C (°F)	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN %	REDUCCIÓN DE ÁREA, %	DUREZA BRINELL
1030	Q&T*	205 (400)	848 (123)	648 (94)	17	47	495
	Q&T*	315 (600)	800 (116)	621 (90)	19	53	401
	Q&T*	425 (800)	731 (106)	579 (84)	23	60	302
	Q&T*	540 (1000)	669 (97)	517 (75)	28	65	255
	Q&T*	650 (1200)	586 (85)	441 (64)	32	70	207
	Normalizado	925 (1700)	521 (75)	345 (50)	32	61	149
	Recocido	870 (1600)	430 (62)	317 (46)	35	64	137
1040	Q&T	205 (400)	779 (113)	593 (86)	19	48	262
	Q&T	425 (800)	758 (110)	552 (80)	21	54	241
	Q&T	650 (1200)	634 (92)	434 (63)	29	65	192
	Normalizado	900 (1650)	590 (86)	374 (54)	28	55	170
1050	Recocido	790 (1450)	519 (75)	353 (51)	30	57	149
	Q&T*	205 (400)	1120 (163)	807 (117)	9	27	514
1060	Q&T*	425 (800)	1090 (158)	793 (115)	13	36	444
	Q&T*	650 (1200)	717 (104)	538 (78)	28	65	235
	Normalizado	900 (1650)	748 (108)	427 (62)	20	39	217
	Recocido	790 (1450)	636 (92)	365 (53)	24	40	187
	Q&T	425 (800)	1080 (156)	765 (111)	14	41	311
1095	Q&T	540 (1000)	965 (140)	669 (97)	17	45	277
	Q&T	650 (1200)	800 (116)	524 (76)	23	54	229
	Normalizado	900 (1650)	776 (112)	421 (61)	18	37	229
	Recocido	790 (1450)	626 (91)	372 (54)	22	38	179
	Q&T	315 (600)	1260 (183)	813 (118)	10	30	375
	Q&T	425 (800)	1210 (176)	772 (112)	12	32	363
1141	Q&T	540 (1000)	1090 (158)	676 (98)	15	37	321
	Q&T	650 (1200)	896 (130)	552 (80)	21	47	269
	Normalizado	900 (1650)	1010 (147)	500 (72)	9	13	293
	Recocido	790 (1450)	658 (95)	380 (55)	13	21	192
	Q&T	315 (600)	1460 (212)	1280 (186)	9	32	415
	Q&T	540 (1000)	896 (130)	765 (111)	18	57	262
4130	Q&T*	205 (400)	1630 (236)	1460 (212)	10	41	467
	Q&T*	315 (600)	1500 (217)	1380 (200)	11	43	435
	Q&T*	425 (800)	1280 (186)	1190 (173)	13	49	380
	Q&T*	540 (1000)	1030 (150)	910 (132)	17	57	315
	Q&T*	650 (1200)	814 (118)	703 (102)	22	64	245
	Normalizado	870 (1600)	670 (97)	436 (63)	25	59	197
	Recocido	865 (1585)	560 (81)	361 (52)	28	56	156
4140	Q&T	205 (400)	1770 (257)	1640 (238)	8	38	510
	Q&T	315 (600)	1550 (225)	1430 (208)	9	43	445

**Tabla E-23**

Propiedades esfuerzo-deformación media monótonas y cíclicas de aceros seleccionados (continuación)

Fuente: ASM Metals Reference Book, 2a. ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1983, p. 217.

Grado (a)	Orientación (e)	Descripción (f)	Resistencia a la tensión			Reducción en área, %	Deformación verdadera a la fractura, $\epsilon_f$	Modulo de elasticidad, E		Coeficiente de resistencia a la fatiga, $n_f$		Exponente de resistencia a la fatiga, b	Coeficiente de ductilidad a la fatiga, $e_f$	Exponente de ductilidad a la fatiga, c
			HB	MPa	ksi			GPa	10 <sup>6</sup> psi	MPa	ksi			
4140	L	T&R, DAT	310	1 075	156	60	0.69	200	29.2	1 825	265	-0.08	1.2	-0.59
4142	L	DAT	310	1 060	154	29	0.35	200	29	1 450	210	-0.10	0.22	-0.51
4142	L	DAT	335	1 250	181	28	0.34	200	28.9	1 250	181	-0.08	0.06	-0.62
4142	L	T&R	380	1 415	205	48	0.66	205	30	1 825	265	-0.08	0.45	-0.75
4142	L	T&R y deformado	400	1 550	225	47	0.63	200	29	1 895	275	-0.09	0.50	-0.75
4142	L	T&R	450	1 760	255	42	0.54	205	30	2 000	290	-0.08	0.40	-0.73
4142	L	T&R y deformado	475	2 035	295	20	0.22	200	29	2 070	300	-0.082	0.20	-0.77
4142	L	T&R y deformado	450	1 930	280	37	0.46	200	29	2 105	305	-0.09	0.60	-0.76
4142	L	T&R	475	1 930	280	35	0.43	205	30	2 170	315	-0.081	0.09	-0.61
4142	L	T&R	560	2 240	325	27	0.31	205	30	2 655	385	-0.089	0.07	-0.76
4340	L	HR, A	243	825	120	43	0.57	195	28	1 200	174	-0.095	0.45	-0.54
4340	L	T&R	409	1 470	213	38	0.48	200	29	2 000	290	-0.091	0.48	-0.60
4340	L	T&R	350	1 240	180	57	0.84	195	28	1 655	240	-0.076	0.73	-0.62
5160	L	T&R	430	1 670	242	42	0.87	195	28	1 930	280	-0.071	0.40	-0.57
52100	L	SH, T&R	518	2 015	292	11	0.12	205	30	2 585	375	-0.09	0.18	-0.56
9262	L	A	260	925	134	14	0.16	205	30	1 040	151	-0.071	0.16	-0.47
9262	L	T&R	280	1 000	145	33	0.41	195	28	1 220	177	-0.073	0.41	-0.60
9262	L	T&R	410	565	227	32	0.38	200	29	1 855	269	-0.057	0.38	-0.65
950C (d)	ET	Placa HR	159	565	82	64	1.03	205	29.6	1 170	170	-0.12	0.95	-0.61
950C (d)	L	Barra HR	150	565	82	69	1.19	205	30	970	141	-0.11	0.85	-0.59
950X (d)	L	Canal placa	150	440	64	65	1.06	205	30	625	91	-0.075	0.35	-0.54
950X (d)	L	Placa HR	156	530	77	72	1.24	205	29.5	1 005	146	-0.10	0.85	-0.61
950X (d)	L	Canal placa	225	695	101	68	1.15	195	28.2	1 055	153	-0.08	0.21	-0.53

Notas: (a) grado AISI/SAE, o menos que se indique lo contrario. (b) Designación ASTM. (c) Designación propietaria. (d) Grado SAE MSMA. (e) Orientación de eje de la prueba, relativa a la dirección de laminado; L es longitudinal (paralelo a la dirección de laminado); U es transversal (perpendicular a la dirección de laminado). (f) SAE, solación tratada y envejecida; HR, laminado en caliente; CD, laminado en frío; T&R, templeado y revenido; CSR, estado en frío obtenido de deformaciones; DAT, estado a temperatura; A, recocido.

**TABLA A-5**  
**Constantes elásticas y físicas de materiales**

MATERIAL	MÓDULO DE ELASTICIDAD $E$		MÓDULO DE RIGIDEZ $G$		RELACIÓN DE POISSON $\nu$	PESO UNITARIO $w$		
	Mpsi	GPa	Mpsi	GPa		lb/in <sup>3</sup>	lb/ft <sup>3</sup>	kN/m <sup>3</sup>
Aluminio (todas las aleaciones)	10.3	71.0	3.80	26.2	0.334	0.098	169	26.6
Cobre al berilio	18.0	124.0	7.0	48.3	0.285	0.297	513	80.6
Latón	15.4	106.0	5.82	40.1	0.324	0.309	534	83.8
Acero común	30.0	207.0	11.5	79.3	0.292	0.282	487	76.5
Hierro colado (gris)	14.5	100.0	6.0	41.4	0.211	0.260	450	70.6
Cobre	17.2	119.0	6.49	44.7	0.326	0.322	556	87.3
Madera (abeto Douglas)	1.6	11.0	0.6	4.1	0.33	0.016	28	4.3
Vidrio	6.7	46.2	2.7	18.6	0.245	0.094	162	25.4
Inconel	31.0	214.0	11.0	75.8	0.290	0.307	530	83.3
Plomo	5.3	36.5	1.9	13.1	0.425	0.411	710	111.5
Magnesio	6.5	44.8	2.4	16.5	0.350	0.065	112	17.6
Molibdeno	48.0	331.0	17.0	117.0	0.307	0.368	636	100.0
Monel	26.0	179.0	9.5	65.5	0.320	0.319	551	86.6
Níquel plata	18.5	127.0	7.0	48.3	0.322	0.316	546	85.8
Acero al níquel	30.0	207.0	11.5	79.3	0.291	0.280	484	76.0
Bronce fosforado	16.1	111.0	6.0	41.4	0.349	0.295	510	80.1
Acero inoxidable	27.6	190.0	10.6	73.1	0.305	0.280	484	76.0

TABLA A-21 (Cont.)

Propiedades mecánicas a la tensión de algunos aceros con tratamiento térmico. [Son propiedades comunes de materiales normalizados y recocidos. Las propiedades para aceros templados y revenidos (*Quenched and Tempered, Q & T*) corresponden a un solo calor o grado. Debido al gran número de variables, las propiedades enunciadas podrían considerarse obtenibles pero no deben tomarse como valores medios o mínimos. En todos los casos, los datos proceden de probetas con diámetro igual a 0.505 in, maquinadas a partir de barras redondas de 1 in; la longitud de calibración es 2 in. A menos que se indique otra cosa, todas las probetas o muestras de ensayo se templaron en aceite.

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI NÚM.	TRATAMIENTO	TEMPERATURA °C (°F)	RESISTENCIA ÚLTIMA, MPa (kpsi)	RESISTENCIA DE FLUENCIA, MPa (kpsi)	ELONGACIÓN, %	REDUCCIÓN DE ÁREA, %	DUREZA BRINELL
4140	Q&T	425 (800)	1250 (181)	1140 (165)	13	49	370
	Q&T	540 (1000)	951 (138)	834 (121)	18	58	285
	Q&T	650 (1200)	758 (110)	655 (95)	22	63	230
	Normalizado	870 (1600)	1020 (148)	655 (95)	18	47	302
	Recocido	815 (1500)	655 (95)	417 (61)	26	57	197
4340	Q&T	315 (600)	1720 (250)	1590 (230)	10	40	486
	Q&T	425 (800)	1470 (213)	1360 (198)	10	44	430
	Q&T	540 (1000)	1170 (170)	1080 (156)	13	51	360
	Q&T	650 (1200)	965 (140)	855 (124)	19	60	280

\*Templado en agua

Fuente: ASM Metals Reference Book, 2d ed., American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1983.



**ANEXO N° 4**

## Tabla de relación de compresión

[http://www.geocities.com/capacitacio\\_en\\_plasticos/descripciondelamaquina.htm](http://www.geocities.com/capacitacio_en_plasticos/descripciondelamaquina.htm)

.....**Capacitación y experiencia...**

### Curso gratuito de Inyección

(descripción de la máquina)

**El objetivo de este capítulo es el de identificar algunos de los componentes de la máquina de inyección.**

<a href="#">PVC Formulaciones</a>	<a href="#">Pagina Principal</a>	<a href="#">Mantenimiento de Moldes</a>
<a href="#">DISEÑO DE MOLDES</a>	<a href="#">Colada Caliente</a>	<a href="#">Moldeo Por Inyección</a>
<a href="#">Curso parcial de moldeo</a>	<a href="#">Asesoría</a>	<a href="#">Calendario de Eventos</a>
<a href="#">Hidráulica</a>	<a href="#">Referencias</a>	<a href="#">Termo fijos</a>

Otros conceptos importantes del husillo es la relación de compresión y la relación longitud diámetro.

Los mejores husillos son aquellos que tienen:

$$R/C = 3:1 \text{ o mayor } L/D = 20:1 \text{ o mayor}$$

Se usan con menores relaciones debido a la sensibilidad del material. Por ejemplo para el PET y PVC se usaran

$$R/C = 2:1 \text{ y una } L/D = 16:1$$



**ANEXO N° 5**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

Rodamientos de rodillos cilíndricos, de una hilera, INSOCOAT

**SKF**

Dimensiones principales				Capacidades de carga		Carga límite de fatiga	Velocidades	Velocidad límite	Masa	Designación
d	D	B	C	C	C <sub>0</sub>	P <sub>0</sub>	Velocidad de referencia		kg	
mm				kN		kN	rpm			
75	160	37	37	280	265	33,5	4500	5300	5,30	NU 316 ECPML0241
85	180	41	41	340	335	41,5	4000	4800	5,25	NU 317 ECMC3VL0241
95	200	45	45	390	390	46,5	3600	4300	7,25	NU 319 ECMC3VL0241
110	240	50	50	530	546	61	3000	3400	12	NU 322 ECMC3VL0241
120	260	55	55	610	620	69,5	2800	3200	15,2	NU 324 ECMC3VL0241



**ANEXO N° 6**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

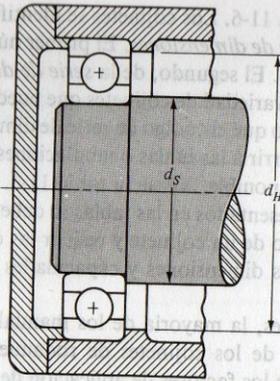
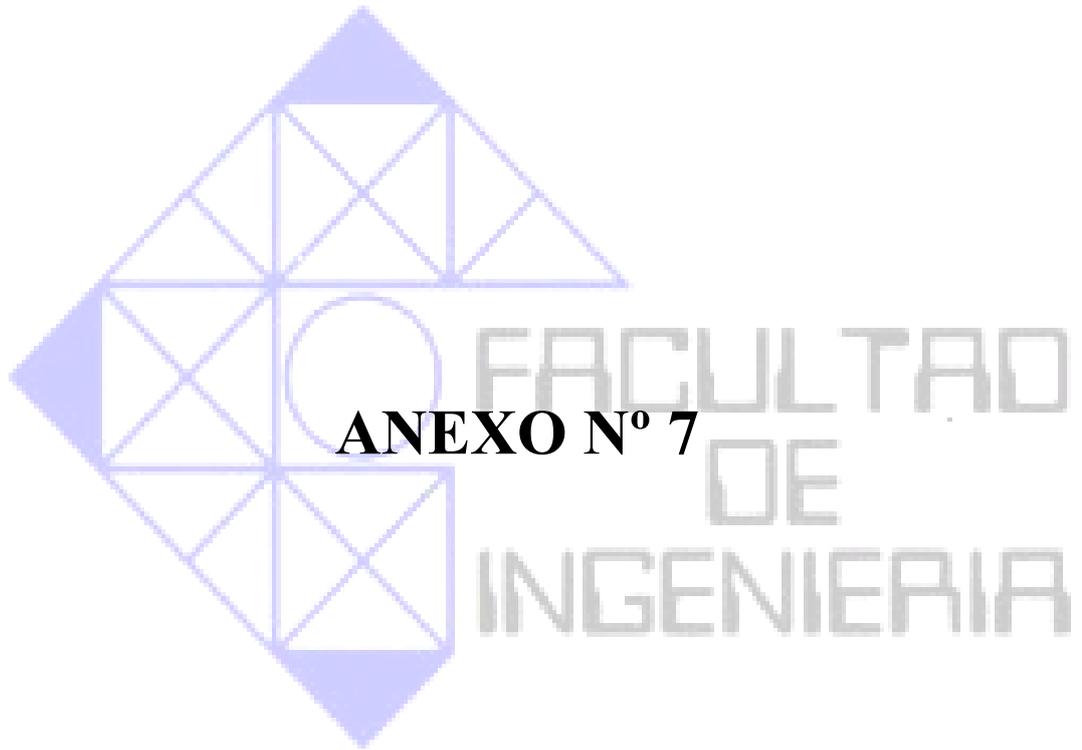


FIGURA 11-7 Los diámetros de eje  $d_s$  y de hombro del alojamiento  $d_H$  deben ser adecuados para asegurar que se tenga un buen soporte del cojinete.

TABLA 11-4 Dimensiones y capacidades de carga básicas para cojinetes de rodillos cilíndricos

DIÁM. INT. mm	SERIE 02			SERIE 03		
	DIÁM. EXT. mm	ANCHO mm	CAP. DE CARGA kN	DIÁM. EXT. mm	ANCHO mm	CAP. DE CARGA kN
25	32	15	16.8	62	17	28.6
30	62	16	22.4	72	19	36.9
35	72	17	31.9	80	21	44.6
40	80	18	41.8	90	23	56.1
45	85	19	44.0	100	25	72.1
50	90	20	45.7	110	27	88.0
55	100	21	56.1	120	29	102
60	110	22	64.4	130	31	123
65	120	23	76.5	140	33	138
70	125	24	79.2	150	35	151
75	130	25	91.3	160	37	183
80	140	26	106	170	39	190
85	150	28	119	180	41	212
90	160	30	142	190	43	242
95	170	32	165	200	45	264
100	180	34	183	215	47	303
110	200	38	229	240	50	391
120	215	40	260	260	55	457
130	230	40	270	280	58	539
140	250	42	391	300	62	682
150	270	45	446	320	65	781



**ANEXO N° 7**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

# SERVICIO TÉCNICO HIDROMECAÑICOS



RIF. V03139424-0

EMPRESA: FAACA C.A

No. PSTH005/2008

ATENCION: OSPICIO VILLEGAS.

ORDEN DE COMPRA No. FAACA

## PRESUPUESTO MANO DE OBRA.

### Fabricación de piezas metálicas

- Mecanizado del tornillo sin fin con el acero 4340

**Costo Técnico Bs. F 12.000,00**

- Mecanizado del barril para máquina de inyección de plástico

**Costo Técnico Bs. F 16.000,00**

- 6 Resistencia eléctrica de 31 Amp. Para máquinas de inyección de plástico

**Costo Técnico Bs. F 15.000,00**

### *Presupuesto no incluye:*

- *Trabajos de mano de obra*
- *Repuestos (sellos, válvulas, empaaduras, orings, bombas, etc)*
- *Daños ocultos. Cualquier daño interno genera costos adicionales.*

Realizado Por: **HUGO R. MONTOUT**  
(Servicios técnicos)

Aceptado Por: **Somanin c.a**

Fecha: **16/10/2008**

Fecha:



**ANEXO N° 8**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

**SERVICIOS TÉCNICOS HIDROMECAÑICOS**

**Sector 6 Bloque 24 Apto 03-05**

**Urb. Caña de Azúcar**

**Maracay - Edo. Aragua**

**Teléfono: (0243)554.05.69**

**Cel. (0414) 460.87.36 / (0412) 148.78.07**

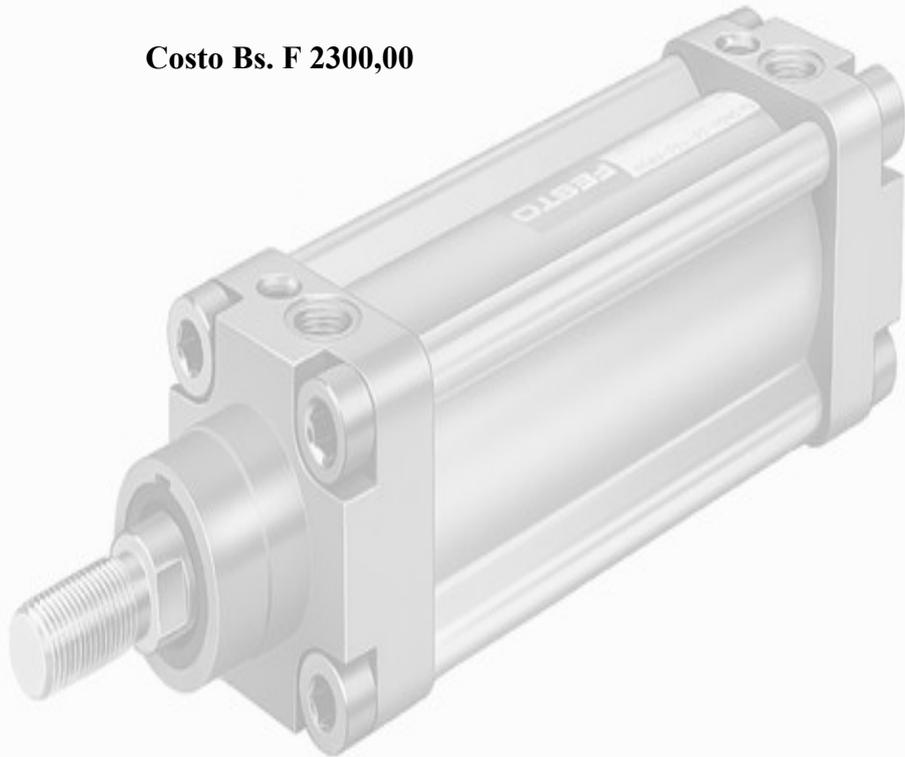
**RIF. V03139424-0 NIT. 0077324143**

**EMPRESA: FAACA C. A**

**PRESUPUESTO**

- Mangueras de alta presión con adaptadores Flex de 1' ¼\*120

**Costo Bs. F 2300,00**



Realizado Por: **HUGO R. MONTOUT**  
(Servicios técnicos Hidromecánicos)

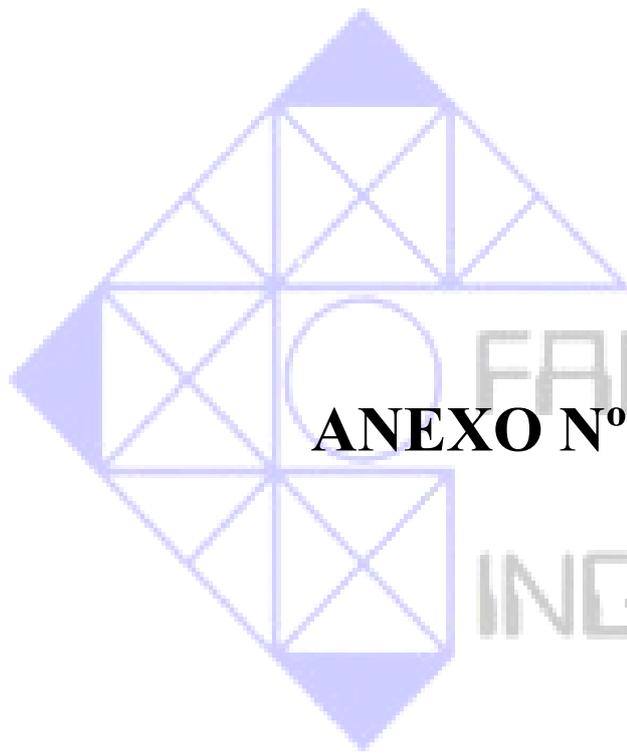
Aceptado Por:  
(FAINCA)

Fecha: **08/10/08**

Fecha:

**ORDEN DE COMPRA No. \_\_\_\_\_**

**No. PSTH003/2008**



**ANEXO N° 9**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

**SERVICIOS TÉCNICOS HIDROMECAVICOS**

**Sector 6 Bloque 24 Apto 03-05**

**Urb. Caña de Azúcar**

**Maracay - Edo. Aragua**

**Teléfono: (0243)554.05.69**

**Cel. (0414) 460.87.36 / (0412) 148.78.07**

**RIF. V03139424-0 NIT. 0077324143**

**EMPRESA:** FAACA C. A

**PRESUPUESTO**

- Reparación y mejoramiento máquina d inyección de plástico
- Mantenimiento de la Unidad Hidráulica (limpieza del tanque de aceite y cambio del mismo, mantenimiento de la bomba hidráulica, revisión de coladores y corrección de fuga de aceite, cambio de sellos y empaaduras en el grupo de válvulas y electro válvulas).
- Mantenimiento de Cilindros Hidráulicos (Cambio de sellos, empaaduras para corrección de fuga de aceite).
- Mantenimiento a las dos (02) cajas reductoras.
- Ajuste mecánico de la cortina
- Puesta en marcha.
- Instalación de nuevas válvulas hidráulicas de 3/2 vías
- Modificación de las bombas hidráulicas

**Los repuestos corren por parte de la empresa**

**Costo Mano de Obra Técnica Bs. F 14.000,00 incluye IVA**

Realizado Por: **HUGO R. MONTOUT**  
(Servicios técnicos Hidromecánicos)

Aceptado Por:  
(FAINCA)

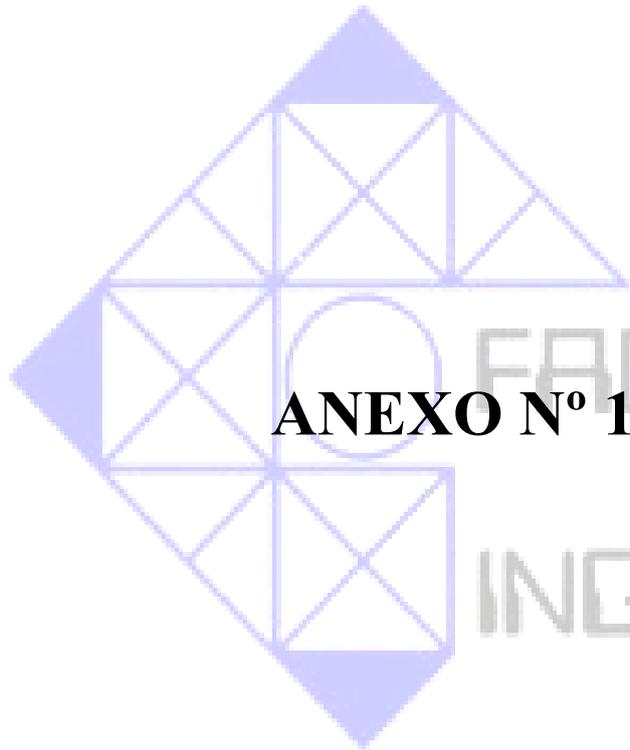
(ORIGINAL)

Fecha: **06/10/08**

Fecha:

**ORDEN DE COMPRA No.** \_\_\_\_\_

**PSTH003/2008**



**ANEXO N° 10**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

**SERVICIOS TÉCNICOS HIDROMECAÑICOS**

**Sector 6 Bloque 24 Apto 03-05**

**Urb. Caña de Azúcar**

**Maracay – Edo. Aragua**

**Teléfono: (0243)554.05.69**

**Cel. (0414) 460.87.36 / (0412) 148.78.07**

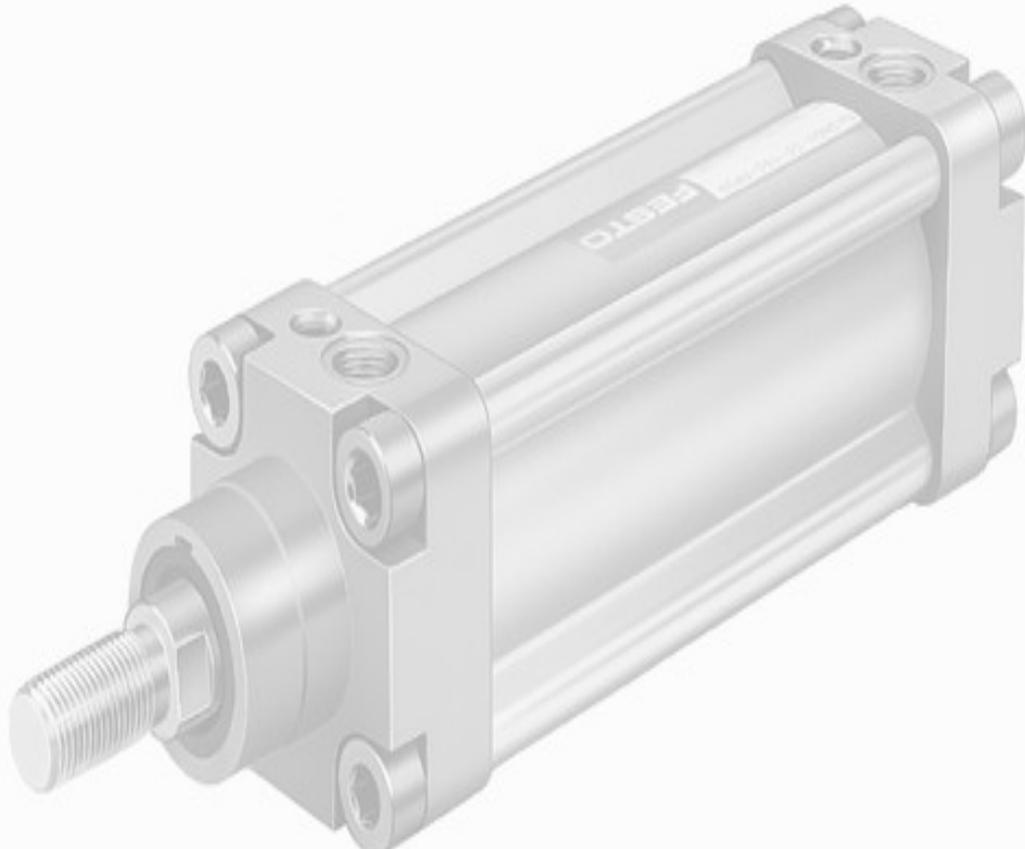
**RIF. V03139424-0 NIT. 0077324143**

**EMPRESA: FAACA C. A**

**PRESUPUESTO**

- Controlador lógico programable (PLC).

**COSTO BS.F 17.000,00**



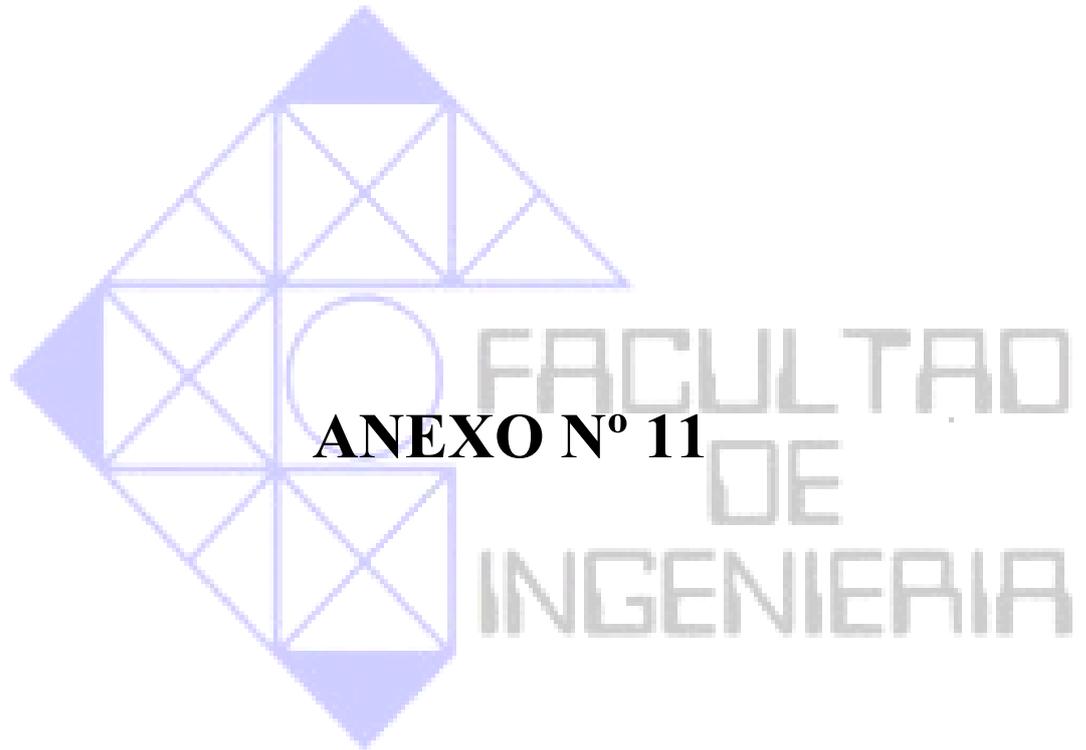
Realizado Por: **HUGO R. MONTOUT**  
(Servicios técnicos Hidromecánicos)

Aceptado Por:  
(FAINCA)

Fecha: **12/10/08**

Fecha:

**ORDEN DE COMPRA No. \_\_\_\_\_**



**ANEXO N° 11**

**PLANO DEL TORNILLO  
Y EL  
BARRIL**



**ANEXO N° 12**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

# **PLANO N° 1**



**ANEXO N° 13**

## **PLANO Nº 2**

### **Ciclo de moldeo.**

En el ciclo de moldeo se distinguen 6 pasos principales:

1. Molde cerrado y vacío. La unidad de inyección carga material y se llena de polietileno fundido.
2. Se inyecta el polietileno abriéndose la válvula y, con el tornillo 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 tornillo 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.

### **Las Partes del molde.** [11]

#### **1 Cavidad.**

Es el volumen en el cual la pieza será moldeada.

#### **2 Canales o ductos.**

Son conductos a través de los cuales el polietileno 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.

#### **3 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. Al momento de realizar el diseño de un molde, el sistema de refrigeración es lo último que se debe diseñar.

#### **4 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.

Los parámetros a controlar en el proceso de inyección dependen del material a trabajar, del diseño del molde y la pieza. Cada caso es particular, las variables a controlar son: temperaturas; velocidades, presiones; distancias y tiempos.

##### **✚ Tipo de unidad de cierre**

- 1) De rodillera
- 2) hidráulico

##### **✚ Tipos de sistemas de potencia.**

Sistema de motor eléctrico con unidad reductora de engranajes

Sistema de motor hidráulico con unidad reductora de engranajes

Sistema hidráulico directo

##### **✚ Sistema de potencia eléctrico.**

El sistema eléctrico se utiliza generalmente en máquinas relativamente pequeñas. Este sistema se emplea tanto para el giro del tornillo como para la apertura y cierre del molde. La máquina emplea dos sistemas mecánicos de engranajes y palancas acodadas, uno para el cierre del molde y otro para el tornillo. Cada uno accionado por un motor eléctrico independiente.

##### **✚ Técnicas modernas. [9]**

Algunas de las técnicas modernas incluyen la inyección de multi componentes, es decir, una pieza que contiene dos polietilenos unidos entre sí o un polietileno con diferentes colores y aditivos separados en capas. En esta técnica es posible inyectar dos polietilenos en la misma pieza. Existen dos

métodos para lograr esto: uno es con dos unidades de inyección, y otro con una unidad de inyección compuesta.

### **1 Moldeo con reacción química.**

En el moldeo con reacción química no se usa el extrusor, sino más bien componentes líquidos que se van administrando. Estas resinas pueden estar activadas o activarse al unir los diferentes fluidos. Un ejemplo típico de polietileno inyectado por este proceso es el poliuretano y la poliurea. Generalmente, las temperaturas en este proceso son mucho más bajas que las temperaturas de la inyección con husillo.

### **2 Inyección de hule y de termoestables.**

La inyección de hule y de termoestables consiste en un proceso que incluye la inyección con todos los ingredientes necesarios para el curado o vulcanizado, pero a temperaturas bajas en el cañón. Éste debe provocar poca fricción en el material para evitar el sobrecalentamiento y reacción prematura, cambiando así la cinética de reacción deseada. La reacción termina precisamente en el molde, el cual no es necesario enfriar.

### **3 Inyección de materiales compuestos.**

La inyección de materiales compuestos como madera-plástico o fibras naturales con polímero, fibra de carbón y nanopartículas tienen una problemática particular, debido a que el husillo tiende a romper, cortar o aglomerar las partículas, por lo que presentan un doble reto: por una parte deben ser dispersadas y distribuidas (como cualquier pigmento), a la vez que deben permanecer lo más estables posible. Las nanopartículas generalmente forman aglomerados, que reflejan una pérdida de propiedades mecánicas y no un aumento, ya que el estrés es función directa del área de la unión partícula-polímero.

### **Entradas.** [1]

Las funciones concretas de una entrada son simples: sirven para ayudar a que el polietileno solidifique pronto cuando la inyección concluye, y para separar fácilmente los remanentes de inyección de la pieza final. Muchas veces elimina la necesidad de cortar o desbastar este sobrante y acelerar el flujo de material fundido, que se refleja en una menor viscosidad y mayor rapidez de inyección. Recuérdese que no se habla de moléculas o iones como los metales fundidos, sino de largas cadenas de macromoléculas en estado gomoso. Las entradas son así diseñadas para mejorar el flujo y para permitir un orden distributivo del mismo.

Los plásticos, bajo carga, tienen un comportamiento diferente al de cualquier otro material industrial, la razón es que en forma especial los termoplásticos tienen un comportamiento visco elástico, es decir tienen una reacción viscosa y elástica, al contrario de los metales que tiene una reacción ante las cargas de una falla por deformación. Esta deformación visco elástica se debe, en forma principal, a la estructura molecular de cadena larga. Cuando las cadenas largas están bajo cargas, se mueven una a lo largo de la otra y la cantidad de movimiento se debe al tipo de enlace. Los plásticos con enlaces débiles se deforman con más facilidad que los que tienen enlaces fuertes.

### **Procesamiento de los plásticos.**

En la industria de los plásticos, participan los manufactureros de las resinas básicas, a partir de productos químicos básicos provenientes del petróleo y de sus gases y que suelen producir la materia prima en forma de polvo, gránulos, escamas, líquidos ó en forma estándar como láminas, películas, barras, tubos y formas estructurales y laminados, participan también los procesadores de plásticos que conforman y moldean las resinas básicas en productos terminados. En la conformación y moldeo de las resinas se utilizan también diversos componentes químicos o no, que le proporcionan al producto terminado ciertas características especiales, dentro de ellos tenemos:

Las cargas, que sirven de relleno, dar resistencia, dar rigidez al moldeado o bajar los costos de producción, dentro de ellos tenemos el aserrín, tejidos de algodón, limaduras de hierro, fibra de vidrio, etc.

Colorantes, para proporcionar color al producto terminado, son de origen mineral como los óxidos, se proporcionan en forma de polvos y en forma de resinas de óleo.

Aditivos como los endurecedores para las resinas líquidas, espumantes y desmoldantes para el moldeado.

Una de las más amplias ramas de la industria de los plásticos comprende las compañías que producen a partir de películas y láminas artículos como cortinas, impermeables, artículos inflables, tapicería, equipajes, en general artículos de: tocador, cocina, etc. Para la producción de todos estos artículos se hace necesario también la participación de un diseñador y un estampador para el acabado final. Los métodos de moldeo y conformados más común son el moldeado por prensa, moldeado por inyección prensada, por inyección, moldeado por soplado de cuerpos huecos, termo formado, calandrado, refuerzo, recubrimientos, como pintura dura, maquinado, unión y colado en moldes.

### **Clasificación y designación de los plásticos industriales.**

En la industria moderna existe una gran variedad de plásticos para diversos tipos de usos, las aplicaciones van desde la elaboración de envases de medicina, recipientes para alimentos, envolturas, bolsas, recubrimiento de conductores eléctricos, piezas mecánicas de artefactos electrodomésticos como engranajes, bocinas, etc. Dentro de la gran variedad existente de resinas todas ellas se les puede clasificar en dos grandes grupos: Las resinas TERMOPLÁSTICAS ó termo deformables y las DUROPLÁSTICAS o termoestables, la designación de estables o deformables está en relación al comportamiento de la pieza ya elaborada en presencia del calor.

## **1 Termoplásticos**

Son las resinas que se ablandan en presencia del calor y se endurecen cuando se enfrían, no importa cuantas veces se repita el proceso.

## **2 Duro plásticos**

Son las resinas que se solidifican en forma definitiva cuando se les aplica calor y presión durante el moldeo, el recalentamiento no ablanda estos materiales y si el calor continua la pieza llega a carbonizarse directamente.

## **3 Resinas úrica**

Tiene como materia básica la urea sintética y el formol, no tienen olor característicos, su peso específico es de  $1,5 \text{ Kg./dm}^3$ , por lo general se usa en colores claros y blancos, arde con dificultad, es opalescente a la luz, soporta de  $130$  a  $138^\circ\text{C}$  de temperatura. Con esta resina se moldean artículos de cocina, materiales eléctricos, etc.

## **4 Resinas de melamina.**

Tienen como elemento básico la Melamina que se obtiene del carburo de calcio y nitrógeno, tienen buena resistencia eléctrica, son duros, peso específico de  $1,5 \text{ Kg./dm}^3$  se usa en colores claros, arde con dificultad, es opalescente, disponible en polvo o en forma granular, se utiliza para artículos de cocina, vajilla como platos, tazas, prendería, etc.

## **5 Resina de poliéster. (UP) [4]**

Se derivan del alquitrán de hulla y del estireno, son incoloros aunque se pueden colorear a voluntad, se utiliza con cargas de fibra de vidrio, que le da una considerable resistencia, se le consigue en forma de líquidos y como compuestos premezclados, arden con dificultad auto extinguiéndose, se utiliza para cascos de embarcaciones, carrocería de automóviles, placas transparentes para cubiertas, se utiliza también para impregnar tejidos de tela, papel y como pinturas duras.

## **6 Poliuretanos. (PUR)**

Son materiales sintéticos que proporcionan productos de gran elasticidad: gomas, espumas, correas, se emplea como pegamento y como barniz de gran dureza, se puede manufacturar en forma de espuma en el lugar de uso, se obtiene en forma sólida a partir de dos reactantes, el artículo final de puede extruir, calandrar, fundir y forma líquida para obtener espumas, con éstas resinas de producen colchones, cojines, almohadillas, juguetes, refuerzos, para esmaltes de gran calidad, etc.

## **7 Cloruro de polivinilo. (PVC)**

Tienen como elemento básico el acetileno y el ácido clorhídrico, no tienen olor característicos es insípido, se pueden colorear a voluntad, arden con dificultad, soportan temperaturas de 60 a 91°C, se utilizan como materiales duros, tuberías diversas, piezas resistencias a la corrosión, en estado blando encuentra una serie de aplicaciones como mangueras, cueros artificiales, impermeables, etc.

## **8 Poliestireno. (PS)**

Se obtienen del estírol, derivado del petróleo y del bencol, su peso específico es bajo, se colorea a voluntad, arde lentamente, en el mercado se obtienen en forma de polvo y en forma granular para moldeado, en forma de micas , varillas para manufacturase por arranque de viruta, se emplea para fabricar planchas, películas, espumas, objetos de oficina, bolígrafos, plantillas, escuadras, etc.

## **9 Poliamidas. (PA) [3]**

Son derivados del carbón, no tienen olor ni sabor, poseen características mecánicas notables, en las que destacan su resistencia al desgaste, al calor y la corrosión, tiene colores lechosos, soporta de 100 a 200°C, de larga duración, es auto extingible, con una permeabilidad a la luz de translúcido a opaco, con el envejecimiento decolora ligeramente, los productos más conocidos comercialmente son el Nylon y el perlón.

## **10 Poli carbonatos.**

Son derivados del Fenol, se mecanizan bien, alta resistencia a la humedad, su permeabilidad a la luz es buena (transparente), se colorea a voluntad, son auto extingüible en presencia del fuego, con el envejecimiento cambia ligeramente de color y se hace frágil, es un material de moldeo por excelencia, puede tomar la forma de películas, perfiles extruidos, recubrimiento, fibras o elastómeros. Con ésta resina se construyen partes de aviones, automóviles, máquinas industriales, reglas, vidrios de seguridad, carcasas, cuerpos de bombas, ventiladores, tapas de instrumentos eléctricos.

## **11 Polimetacrilatos.**

Se obtienen partiendo del acetileno, se caracterizan por su extraordinaria transparencia, su peso específico es de  $1,18 \text{ Kg./dm}^3$ , se colorea a voluntad, arde rápidamente, con el envejecimiento se amarillenta ligeramente, soporta hasta  $80^\circ\text{C}$ , su producto más conocida es el plexiglás, se emplea para placas transparentes de carrocería, cristales de faros, tapas de relojes.

## **12 Politetra-fluoretileno.**

Es un derivado sintético del acetileno, su principal particularidad es su resistencia a la temperatura y a los ácidos, aspecto en que sólo es comparable al vidrio, su peso específico es elevado  $2,15\text{kg/ dm}^3$ , buena resistencia, por lo general se utiliza colores oscuros, poca permeabilidad a la luz, no sufre variaciones con el envejecimiento, sus productos comerciales más conocidos es el teflón considerado como el sólido con más alto índice de resbalosidad comparado con el hielo. Se emplea en casquillos sin lubricación, cajas y juntas para bombas, válvulas y griferías, aislamiento de cables eléctricos.

### **13 Resinas acetálicas.**

Son resinas termoplásticas que por su alta cristalinidad y el punto de fusión de la resina justifican sus propiedades que cubren el hueco entre metales y el plástico, tienen una superficie lisa, duras, brillante algo resbaladiza al tacto, buena abrasión, sin necesidad de lubricación su coeficiente de fricción es bastante bajo, su coeficiente de fricción estático y dinámico con el acero es casi el mismo. Se emplea por su resistencia al desgaste en rotores de bombas en reemplazo al latón, en bandas transportadoras en sustitución del acero inoxidable, ruedas dentadas motrices en reemplazo del hierro colado, diversos instrumentos del automóvil en reemplazo del cinc inyectado.

### **14 Acrílicos (PMMA).**

Son polímeros de metacrilatos de metilo, se caracterizan por su transparencia cristalina, favorable índice de refracción, por lo que se emplea para la fabricación de lentes ópticos, buena resistencia al impacto, excelente resistencia a la luz solar a la intemperie y a la mayoría de productos químicos, como aislante térmico es mejor que el vidrio, se pueden aserrar, taladrar, mecanizar. Plegar, embutir o conformar a cualquier forma cuando se le calienta hasta 140°C, las cabinas de aviones se hacen por soplado o al vacío, con o sin molde, en el mercado las láminas de acrílico se utilizan para anuncios, rótulos iluminados interiormente y que se exponen a la intemperie, ventanas industriales, pantallas de seguridad, mirillas de inspección, por la belleza de los productos moldeados con acrílicos su uso es en forma masiva.

### **15 Resinas celulositas.**

Dependiendo del reactivo empleado para su obtención podrá resultar cualquiera de los cuatro estere de celulosa (cetato, propionato, acetato-butirato o nitrato) o un éster de celulosa (etil celulosa). Se emplean en todos los colores incluyendo los transparentes, están entre los plásticos más tenaces, conservan un buen acabado lustroso bajo desgaste normal.

## **16 Vinilos.**

Se obtiene en forma similar al PVC, siendo éste último un derivado de un determinado vinil, son fuertes y resistentes a la abrasión, resistentes al calor y al frío, se usa en una amplia gama de colores, en el mercado los encontramos en forma de polvo, granular, varillas, tubos, barras, láminas, se emplea para impermeables, bolsas para vestidos, juguetes inflables, mangueras, en la industria discográfica, baldosa para pisos, cortinas de baño, tapicería.

## **17 Polipropileno (PP).**

Es el termoplástico de menor densidad que se encuentra en el comercio, utilizando troqueles de gran longitud se pueden recubrir hilos y cables eléctricos, tienen alta resistencia al calor, alta resistencia al resquebrajamiento, se utiliza en colores opacos a lechosos, se obtiene en el mercado en la forma que hace posible su transformación mediante inyección, soplado y extrusión, se emplea para fabricar recipientes térmicos comerciales y medicinales, accesorios de tuberías, aislamiento de cables y alambres, láminas de embalaje.

## **18 Resinas fenólicas (RF).**

Se obtienen combinando el fenol con el formaldehído, tienen un olor característico a ácido fénico, particularmente si se les calienta, se les utiliza mezcladas con cargas de relleno, para mejorar sus características físicas, su peso específico oscila entre 1,3 a 1,9 Kg./dm<sup>3</sup>, son excelentes aisladores, por lo general se usa en colores oscuros, marrones, negros.

## **19 Cartas técnicas de algunos plásticos.**

Se dan algunos datos técnicos de materiales que hemos tenido la oportunidad de moldear, pueden variar de acuerdo a la pieza y acabado de la misma, pero la intención es que se tenga mínimo una idea de las temperaturas que requieren para poder moldearse.

### **Descripción del barril.** [5]

El barril lleva en su interior al husillo. En el exterior se instalan las resistencias y los termopares. Estos últimos miden la temperatura del cañón. Para medir la temperatura de la masa es necesario purgar la máquina y medir su temperatura directamente del material escurrido.

El barril nos da la superficie de apoyo para que el material se desplace hacia adelante. También se le incorpora el sistema de calefacción y termopares que aportan y regulan la temperatura necesaria para el arranque. Existen tres tipos de recubrimientos para trabajar los plásticos.

- a.- Recubrimiento al desgaste (fibra de vidrio)
- b.- Recubrimiento para la oxidación (PVC)
- c.- Recubrimiento para usos generales.

### **Extrusión.** [8]

Es un proceso continuo, en que la resina es fundida por la acción de temperatura y fricción, es forzada a pasar por un dado que el proporciona una forma definida, y enfriada finalmente para evitar deformaciones permanentes.

### **Resistencias de chapas planas.**

Son resistencias que permiten un calentamiento uniforme y excelente transmisión del calor sin que produzcan apenas pérdidas y se usan para el calentamiento de piezas cuyo espesor no permite el uso del cartucho.

### **Resistencias flexibles.**

De silicona, fibra de vidrio y de cobre recocido.

## ✚ Resistencias para líquidos (por inmersión).

- **Partes de la válvula de control.**

Las válvulas de control constan básicamente de dos partes que son: la parte motriz o actuador y el cuerpo.

### **a) Actuador.**

El actuador también llamado accionador o motor, puede ser neumático, eléctrico o hidráulico, pero los más utilizados son los dos primeros, por ser las más sencillas y de rápida actuaciones. Aproximadamente el 90% de las válvulas utilizadas en la industria son accionadas neumáticamente

### **b) Cuerpo de la válvula.**

Este está provisto de un obturador o tapón, los asientos del mismo y una serie de accesorios. La unión entre la válvula y la tubería puede hacerse por medio de bridas soldadas o roscadas directamente a la misma. El tapón es el encargado de controlar la cantidad de fluido que pasa a través de la válvula y puede accionar en la dirección de su propio eje mediante un movimiento angular. Está unido por medio de un vástago al actuador.

## ✚ Válvulas de compuerta.

La válvula de compuerta es de vueltas múltiples, en la cual se cierra el orificio con un disco vertical de cara plana que se desliza en ángulos rectos sobre el asiento.

### **I. Aplicaciones.**

Servicio general, aceites y petróleo, gas, aire, pastas semilíquidas, líquidos espesos, vapor, gases y líquidos no condensables, líquidos corrosivos.

### **II. Ventajas.**

- Alta capacidad.

- Cierre hermético.
- Bajo costo.
- Diseño y funcionamiento sencillos.
- Poca resistencia a la circulación.

### **III. Desventajas.**

- Control deficiente de la circulación
- Se requiere mucha fuerza para accionarla
- Produce cavitación con baja caída de presión
- Debe estar cubierta o cerrada por completo
- La posición para estrangulación producirá erosión del asiento y del disco

#### **Válvulas de macho.**

La válvula de macho es de  $\frac{1}{4}$  de vuelta, que controla la circulación por medio de un macho cilíndrico o cónico que tiene un agujero en el centro, que se puede mover de la posición abierta a la cerrada mediante un giro de 90

#### **Válvulas de mariposa.**

La válvula de mariposa es de  $\frac{1}{4}$  de vuelta y controla la circulación por medio de un disco circular, con el eje de su orificio en ángulos rectos con el sentido de la circulación.

### **I. Aplicaciones.**

Servicio general, líquidos, gases, pastas semilíquidas, líquidos con sólidos en suspensión.

### **II. Ventajas.**

- Ligera de peso, compacta, bajo costo
- Requiere poco mantenimiento
- Número mínimo de piezas móviles
- No tiene bolas o cavidades

- Alta capacidad
- Circulación en línea recta
- Se limpia por si sola

### **III. Desventajas.**

- Alta torsión (par) para accionarla
- Capacidad limitada para caída de presión
- Propensa a la cavitación

### **✚ Válvula de diafragma.**

Las válvulas de diafragma son de vueltas múltiples y efectúan el cierre por medio de un diafragma flexible sujeto a un compresor. Cuando el vástago de la válvula hace descender el compresor, el diafragma produce sellamiento y corta la circulación.

### **I. Aplicaciones.**

Fluidos corrosivos, materiales pegajosos o viscosos, pastas semilíquidas fibrosas, lodos, alimentos, productos farmacéuticos.

### **II. Ventajas.**

- Bajo costo
- No tienen empaquetaduras
- No hay posibilidad de fugas por el vástago
- Inmune a los problemas de obstrucción, corrosión o formación de gomas en los productos que circulan

### **III. Desventajas.**

- Diafragma susceptible de desgaste.
- Elevada torsión al cerrar con la tubería llena.

### **Válvulas de apriete.**

La válvula de apriete es de vueltas múltiples y efectúa el cierre por medio de uno o mas elementos flexibles, como diafragmas o tubos de caucho que se pueden apretar u oprimir entre si para cortar la circulación

#### **I. Aplicaciones.**

Pastas semilíquidas, lodos y pastas de minas, líquidos con grandes cantidades de sólidos en suspensión, sistemas para conducción neumática de sólidos, servicio de alimentos.

#### **II. Ventajas.**

- Bajo costo
- Poco mantenimiento
- No hay obstrucciones o bolsas internas que la obstruyan
- Diseño sencillo
- No corrosiva y resistente a la abrasión

#### **III. Desventajas.**

- Aplicación limitada para vacío
- Difícil de determinar el tamaño

### **Válvulas de retención (check) y de desahogo (alivio).**

Hay dos categorías de válvulas y son para uso específico, más bien que para servicio general: válvulas de retención (check) y válvulas de desahogo (alivio). Al contrario de los otros tipos descritos, son válvulas de accionamiento automático, funcionan sin controles externos y dependen para su funcionamiento de sentido de circulación o de las presiones en el sistema de tubería.

### **Válvulas de retención (check).**

La válvula de retención esta destinada a impedir una inversión de la circulación. La circulación del líquido en el sentido deseado abre la válvula; al

invertirse la circulación, se cierra. Hay tres tipos básicos de válvulas de retención: 1) válvulas de retención de columpio, 2) de elevación y 3) de mariposa.

### **Válvulas de retención del columpio.**

Esta válvula tiene un disco embisagrado o de charnela que se abre por completo con la presión en la tubería y se cierra cuando se interrumpe la presión y empieza la circulación inversa. Hay dos diseños: uno en "Y" que tiene una abertura de acceso en el cuerpo para el esmerilado fácil del disco sin desmontar la válvula de la tubería y un tipo de circulación en línea recta que tiene anillos de asiento reemplazables.

#### **I. Aplicaciones.**

Para servicio con líquidos a baja velocidad.

#### **II. Ventajas.**

- Puede estar por completo a la vista
- La turbulencia y las presiones dentro de la válvula son muy bajas
- El disco en "Y" se puede esmerilar sin desmontar la válvula de la tubería

### **2.21.12 Válvulas de retención de elevación.**

Una válvula de retención de elevación es similar a la válvula de globo, excepto que el disco se eleva con la presión normal e la tubería y se cierra por gravedad y la circulación inversa.

#### **I. Aplicaciones.**

Tuberías para vapor de agua, aire, gas, agua y vapores con altas velocidades de circulación.

#### **II. Ventajas.**

- Recorrido mínimo del disco a la posición de apertura total
- Acción rápida

## ✚ **Válvula de retención de mariposa.** [7]

Una válvula de retención de mariposa tiene un disco dividido embisagrado en un eje en el centro del disco, de modo que un sello flexible sujeto al disco este a 45° con el cuerpo de la válvula, cuando esta se encuentra cerrada. Luego, el disco solo se mueve una distancia corta desde el cuerpo hacia el centro de la válvula para abrir por completo.

### **I. Aplicaciones.**

Servicio para líquidos o gases.

### **II. Ventajas.**

- El diseño del cuerpo se presta para la instalación de diversos tipos de camisas de asiento.
- Menos costosa cuando se necesita resistencia a la corrosión.
- Funcionamiento rápido.
- La sencillez del diseño permite construirlas con diámetros grandes.
- Se puede instalar virtualmente en cualquier posición.

## ✚ **Válvulas de desahogo (alivio).**

Una válvula de desahogo es de acción automática para tener regulación automática de la presión. El uso principal de esta válvula es para servicio no comprimible y se abre con lentitud conforme aumenta la presión, para regularla.

La válvula de seguridad es similar a la válvula de desahogo y se abre con rapidez con un "salto" para descargar la presión excesiva ocasionada por gases o líquidos comprimibles.

El tamaño de las válvulas de desahogo es muy importante y se determina mediante formulas específicas.

### **I. Aplicaciones.**

Agua caliente, vapor de agua, gases, vapores.



**REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS**

FACULTAD  
DE  
INGENIERIA

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Sant Cugat de Vallés (1999). Diseño de moldes de inyección de termoplástico. Disponible: [http://www.unidad\\_2.com](http://www.unidad_2.com) (Enero 2008)
- [2] Trullas Albert (1998). Resistencia Eléctrica –. Disponible: <http://www.ResistenciaEléctrica–albertTrullas-productos.com> (Enero 2008)
- [3] Montalvo Alberto (1997). Plásticos industriales y sus Procedimientos. Disponible <http://www.Monografia.com/PlasticosIndustrialesysusProcedimientos.htm> (Enero 2008)
- [4] Aguilar Alejandro (2006). Inyección de termoplásticos. Disponible: <http://www.cursogratismailxmail.com/Inyecciondetermoplásticos.htm> (Enero 2008)
- [5] Nissei P (2005). Máquina Inyectoras de plástico. Disponible: [http://www.Maq\\_iny.com](http://www.Maq_iny.com) (Enero 2008)
- [6] Martínez Antón (2005). Tipos de válvulas. Disponible: <http://www.Rincondelvago.com/informacionvalvulas/Tiposdevalvulas.htm> (Enero 2008)
- [7] Caroli Enrique (1997) Válvulas: Instrumentación y control. Disponible: <http://www.monografias.com/Trabajos11/Valvus.shtml> (Enero 2008)
- [8] Schulz Jeroldm (2001) Extrucción de Polímero. Disponible: <http://www.wikipedia.com/wiki/Extucciondepolimero.htm> (Enero 2008)
- [9] Diego Armando (2006). Manual de inyección de plástico. Disponible. <http://www.mailxmail.com/curso/vida/inyecciondeplasticos/capitulo3.htm> (Enero 2008)
- [10] Hernández Solis Análisis documental. Disponible: <http://www.monografias.com/trabajos14/analisisdocum/analisisdocum.shtml> (Enero 2008)
- [11] Bryce Douglas (1996). Molde por inyección Disponible: [http://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo\\_por\\_inyecci%C3%B3n](http://es.wikipedia.org/wiki/Moldeo_por_inyecci%C3%B3n) (Enero 2008)
- [12] Aguilar Alejandro (2006). Variables y sus definiciones que son usadas en el proceso de inyección. Disponible: <http://www.mailxmail.com/curso/vida/inyecciondeplasticos/capitulo5.htm> (Enero 2008)
- [13] Balestrini Acuña, Miriam. (2001). **Cómo se Elabora el Proyecto de Investigación**. Editorial BL Consultores Asociados. Caracas, 131,134.Pág.

- [14] Arias, Fidas G. (2006). **El Proyecto de Investigación**. Editorial Episteme. Caracas, 23, 24, 31, 69 Pág.
- [15] Kerlinger, Fred N. (1985). **Investigación del Comportamiento: Técnicas y Métodos**. Editorial Interamericana. México, 283 Pág.
- [16] Tamayo y Tamayo, Mario. (2004). **El Proceso de la Investigación Científica**. Editorial Limusa. México, 183 Pág.
- [17] Hurtado Jacqueline (2000). **Metodología de la investigación Holística**. Contexto Editores. Caracas, 431 Pág.
- [18] Universidad Nacional Abierta. (1999). **Publicaciones**. Caracas, 307, 356 Pág.
- [19] Iván Hurtado León y Josefina Toro Garrido (2000) **Paradigmas y Métodos de Investigación en Tiempos de Cambios**. 83 Pág.
- [20] Roberto Hernández Sampreri, Carlos Fernández Collado y Pilar Baptista Lucio (2002). **Metodología de la investigación**. 9-16 Pág.
- [21] A. L Cervo y P.A. Bervian (2001). **Metodología Científica**. 45 Pág.
- [22] Juan Castañeda Jiménez (2001). **Métodos de Investigación**. 63 Pág.
- [23] Pérez G. José E. (2005). **Fundamentos de la ciencia e ingeniería**. 35 Pág.
- [24] González Vivian, Ruiz Enríquez (2005). **Diseño de una Máquina de Inyección de plástico de mediana capacidad. Trabajo de grado universidad de Carabobo**
- [25] Shigley J. y Mischke Charles (1990). **Diseño en Ingeniería Mecánica. McGraw-HILL**.
- [26] Norton Robert I. (1999). **Diseño de Máquinas. PRENTICE, INC**.
- [27] Rodríguez P. Juan (2003). **Potencia de las Resistencias Eléctricas. Trabajo de grado** Universidad de Guadalajara
- [28] Empresa SKF (2005). Catalogo de SKF para rodamiento Cilíndrico INSOCOAT. Disponible.  
<http://www.skf.com/portal/skf/home/products> (Agosto 2008)
- [29] Consorcio Romi (2005). Máquinas de inyección de plástico marca ROMI. Disponible.  
<http://www.ROMI.com.Br/leitura.html> (Agosto 2008)

[30] Universidad Pedagógica Experimental Libertador (1999). **Publicaciones.** Caracas, 210, 256 Pág.

[31] Sabino (1997). **Metodología Científica.** 55 Pág.