



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERIA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

TEMA:

“SISTEMA DE MOLDEO A INYECCIÓN ESTILO LINEAL PARA UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO RECICLADO”.

**INFORME TÉCNICO**

**AUTOR:**

ALEXIS NAVARRETE

**DIRECTOR:**

ING. CARLOS VILLAREAL

Ibarra – Ecuador  
2013

# **SISTEMA DE MOLDEO A INYECCIÓN ESTILO LINEAL PARA UNA EXTRUSORA DE PLÁSTICO RECICLADO**

**(Junio 2013)**

Alexis Navarrete, Universidad Técnica del Norte  
Ibarra-Ecuador

## **I. RESUMEN**

El trabajo detallado, se parte de tres significados; recicla, reduce y reutiliza, con la necesidad de dar solución a los problemas de la contaminación ambiental, se construyó por medio de la tecnología aplicada a procesos productivos y el uso adecuado de los recursos, por el cual se contribuirá al mejoramiento de la calidad de vida de la población y a la conservación del ecosistema.

El objetivo de este sistema es reutilizar el plástico reciclado mediante un sistema de moldeo a inyección estilo lineal para una extrusora de plástico reciclable que tenga un óptimo enfriamiento por medio de agua. Para el cumplimiento de este objetivo, se ha desarrollado principalmente la selección de los sistemas complementarios más óptimos para la exigencia de la producción, seguido por la incorporación de un sistema automático para controlar el nivel de agua en el sistema de enfriamiento, evaluando y controlando la temperatura del producto, tomando en cuenta que el espesor del producto se puede variar por un sistema adicional de halador controlando la velocidad.

Para no desperdiciar ningún recurso se desarrolló un sistema de lazo cerrado utilizando una torre de enfriamiento para que recircule el agua dependiendo el nivel que se encuentre en la tina. De esta manera se consigue efectivizar el proceso y la producción deseada en óptimas condiciones.

## **II. INTRODUCCION**

Actualmente estos plásticos son muy utilizados como envases o envolturas de sustancias o artículos alimenticios que al desecharse sin control, tras su utilización,

han originado gigantescos basureros por ende el reciclaje es una de las alternativas utilizadas en la reducción del volumen de los desperdicios sólidos. Este proceso consiste en volver a utilizar materiales que fueron desechados, y que aún son aptos para elaborar otros productos o refabricar el mismo, es necesario implementar maquinaria adecuada que sea útil para reutilizar los plásticos reciclados. La meta realizada transformar el plástico reciclado en manguera de agua, obteniendo 400 mt de manguera por cada hora.

## **III. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

Las prácticas actuales para el manejo de los desechos plásticos incluyen la incineración, el uso como rellenos sanitarios y el reciclaje. Sin embargo:

La capacidad de los incineradores es insuficiente. La emisión de gases generada en su práctica es altamente contaminante. Se está gestando una crisis sanitaria por la saturación de los depósitos.

El reciclaje, aunque juega un papel importante en el manejo de los desechos, nunca alcanzará a manejar todos los desperdicios de plástico que se producen y además requiere de un manejo adicional de los desechos el cual incrementa el costo en un alto porcentaje.

## **IV. OBJETIVOS**

### **Objetivo General**

Reducir la contaminación mediante un sistema de moldeo a Inyección estilo lineal para una extrusora de plástico reciclable que tenga un óptimo enfriamiento por medio de agua.

### **Objetivos Específicos**

- Proporcionar nuevas herramientas de estudio teórico – práctico que involucre conocimientos obtenidos durante la carrera, para aplicar en un sistema de moldeo a Inyección estilo lineal.
- Diseñar y construir un sistema para enfriamiento por medio de circulación de agua que se adapte al molde donde se ha inyectado el plástico reciclado fundido.
- Seleccionar un sistema halador que evite la aglomeración de plástico reciclado fundido.
- Realizar pruebas de funcionamiento.
- Realizar un análisis económico y de factibilidad de la construcción de la máquina extrusora.

## V. MARCO TEORICO

### 5.1 ASPECTOS FUNDAMENTALES DE LOS PLASTICOS

En los últimos 40 años su volumen de producción ha crecido cien veces, han llegado ya a sobrepasar la producción de acero y su tendencia de crecimiento es sostenida.

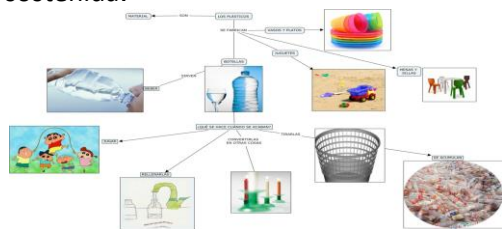


Figura 1. Aplicación de los plásticos y diversos usos

### PROPIEDADES DE LOS PLÁSTICOS

- La Sociedad de las industrias del Plástico (SPI) ha desarrollado voluntariamente unos códigos para identificar a los plásticos que se utilizan como recipientes y contenedores, los cuales generalmente están localizados en la base de los recipientes. Estos códigos son:

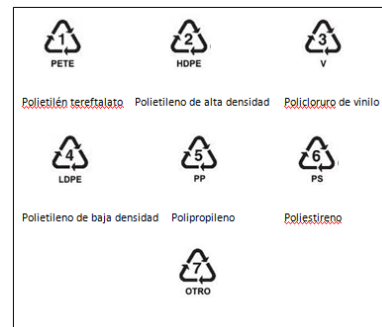


Figura 2. Códigos de identificación de plástico dado por la sociedad de industrias plásticas

- De acuerdo a la marca comercial de los productos que contienen o al material que se trate, se puede conocer el tipo de plástico así por ejemplo:

Los vasos plásticos transparentes más rígidos y frágiles, son de poliestireno (PS), mientras que los más flexibles pueden ser de poliestireno de “choque” (polímero reforzado) o de polietileno (PE).

- Si quedan dudas sobre el tipo de material que se tiene, o si se quiere precisar mejor los resultados, se puede seguir el procedimiento que se indica a continuación, el cual permite identificar materiales termoplásticos:

Corte una pequeña pieza de material y suméjala en agua destilada (es esencial que la pieza sea sólida y que no se adhieran burbujas de aire en su superficie). Si la pieza flota.

- A fin de identificar de manera precisa a los plásticos, determinar sus componentes y el porcentaje en que se encuentran presente, así como conocer con más detalle su microestructura y sus propiedades más importantes, se llevan a cabo diferentes ensayo más específicos, tales como:

En sayos mecánicos de tensión, flexión, dureza e impacto.

- Según la familia química a la que pertenecen

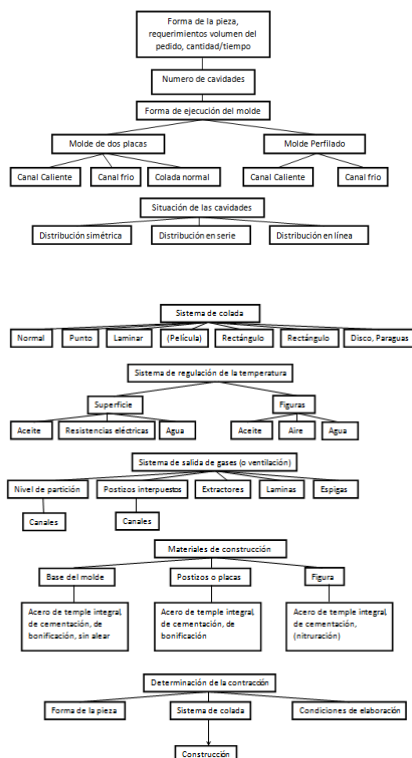
NOMBRES	SÍMBOLOS NORMAS ISO
<b>Polioléfinas</b>	
Poliétileno alta densidad	HDPE*
Poliétileno baja densidad	LDPE*
Polipropileno	PP
<b>Acrílicas</b>	
Polimetil metacrilato	PMMA
Polibutí metacrilato	PBMA
<b>Celulosicas</b>	
Acetato de celulosa	CA
<b>Estirenicas</b>	
Poliestireno	PS
Acilometil butadieno estireno	ABS
<b>Vinílicas</b>	
Policloruro de vinilo	PVC
Poliacetato de vinilo	PVAC
<b>Poliámidas</b>	
Poliámda 66	PA 66
Poliámda 6	PA 6
<b>Poliésteres termoplásticos</b>	
Poliétilen tereftalato	PETP****
Poliisobutilen tereftalato	PBTB****
<b>Policetónicas</b>	
Polióxido de metileno	POM
<b>Poliimidas</b>	
Poliimida	PI
<b>Policetonas</b>	
Poliéter éter cetona	PEEK
<b>Policarbonatos</b>	
PC	
<b>Poliuretanos lineales</b>	
PUR	
<b>Poliulfona</b>	
PSU	

Tabla 1. Termoplásticos de familia química.

## 5.2 MÉTODO DE MOLDEO

### ASPECTOS FUNDAMENTALES EN LA CONSTRUCCIÓN DE MOLDES.

Si se observa críticamente un gran número de moldes de inyección, resultan determinados grupos y clases que se diferencian entre si por su construcción completamente diferente. Tal clasificación, si es que quiere ser comprensible, no puede contener todas las posibilidades de combinación entre los diferentes grupos y clases. Es posible que nuevas experiencias y resultados obliguen a una ampliación de la misma.



Flujo grama 1. Construcción de moldes

El flujo grama. Representa un procedimiento para el desarrollo metódico y planificado de moldes de inyección

La clasificación de moldes de inyección se rige lógicamente por las características principales de construcción y función. Estas son:

- El tipo de colada y su separación,
- El tipo de expulsión de las piezas inyectadas,
- La existencia o no de contrasalidas exteriores en la pieza a inyectar,
- El tipo de desmoldeo,

### CLASIFICACIÓN DE MOLDES A INYECCIÓN.

La norma DIN E 16750 Moldes de inyección para materiales plásticos contiene una división de los moldes según el siguiente esquema:

- Molde estándar (molde de dos placas),
- Molde de mordazas (molde de correderas),
- Molde de extracción por segmentos.
- Molde de tres placas,
- Molde de pisos (molde sándwich),
- Molde de canal caliente.

### CLASIFICACIÓN DE COLADAS Y ENTRADAS.

- Sistemas de colada fría.
- Según DIN 24 450 se diferencia entre:
  - Colada, como componente de la pieza inyectada, pero que no forma parte de la pieza v propiamente dicha,
  - Canal de colada, definido desde el punto de introducción de la masa plastificada en el molde hasta la entrada.
  - Entrada, como sección del canal de colada en el punto donde se una con la cavidad del molde.

## MOLDES DE INYECCIÓN SIMPLE.

Tuberías:

- Tubería para conducción, drenaje y químicos.
- Manguera para jardín.
- Manguera para uso médico y automotriz.
- Popotes.

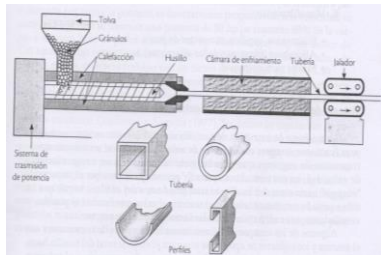


Figura 3. Equipo para extrusión de perfiles.

### DESCRIPCIÓN DE MOLDE EN LÍNEA.

Cuando un material alimenta al extrusor por la tolva, es atrapado por el husillo y empujado a través del cilindro, donde por el calor generado por la fricción y el proporcionado por las resistencias eléctricas colocadas como cinchos en la parte exterior del cañón, se plastifica lo suficiente para continuar su viaje hasta la boquilla.

De esta manera, la energía para plastificar el material proviene mayormente del motor, el cual hace girar el husillo. En la mayoría de los casos, se cubre la parte exterior del cañón para mantener constante la temperatura.

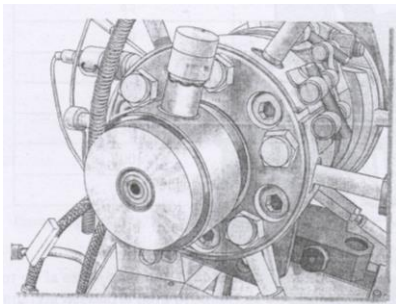


Figura 4 Cabezal con boquilla circular de extrusión.

### CABEZAL

El cabezal es la parte final del extrusor, es la placa que se acopla al cañón, y está formada por dos placas: una fija al cañón y

otra móvil, en la que se colocan la placa rompedora, una placa soporte o convergente del dado, el dado o matriz y el anillo de sujeción.

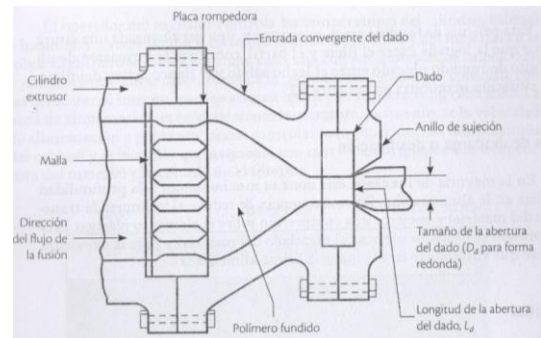


Figura 5. Cabezal del extrusor

Como se indicó, el objetivo de la extrusión es la producción de un producto continuo y específicamente formado dentro de tolerancia dimensionales muy estrictas; esto se hace utilizando una matriz que, excepto en caso especiales, tiene una sección que varía considerablemente de la pieza terminada.

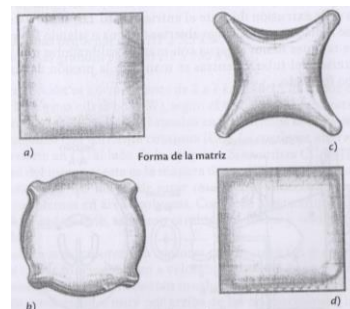


Figura 6. Cabezal del extrusor

### 5.3 SISTEMAS QUE COMPONEN LOS MOLDES DE INYECCIÓN

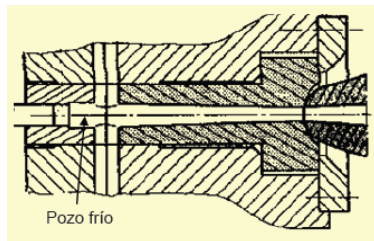
El sistema de alimentación se encarga de trasladar el polímero fundido desde la unidad de inyección hasta la cavidad del molde.

El sistema se compone de:

- Bebedero
- Canales
- Entrada

### BEBEDERO

Es el elemento de conexión entre el molde y la boquilla de inyección de la máquina. Conduce la masa desde la boquilla hasta el interior del molde donde están los canales. Debe tenerse en cuenta su comportamiento térmico y su expulsión.



**Figura 7.** Molde con comportamiento térmico

### CANALES DE ALIMENTACIÓN

Conducen el material desde el bebedero a la entrada de la cavidad.

- Sección adecuada
- Enfriamiento.
- Mantenimiento del flujo hasta después de la presión de mantenimiento.

### 5.4 DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN “SISTEMA DE MOLDEO ESTILO LINEAL”

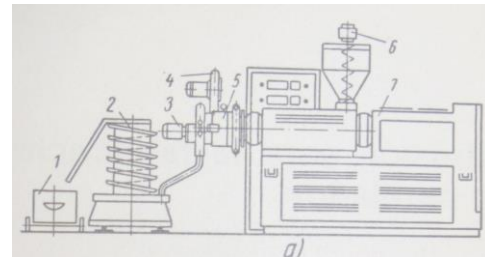
#### SELECCIÓN DE ALTERNATIVAS DE LOS DIFERENTES SISTEMAS QUE CONFORMAN ESTE SISTEMA DE MOLDEO.

#### INSTALACIONES DE EXTRUSIÓN PARA LA FABRICACIÓN DE GRÁNULOS Y ARTÍCULOS PERFILADOS.

Por lo general el uso de material granulado para cargar las máquinas de extrusión e inyección estabiliza considerablemente la alimentación, aumenta la producción y la calidad de los artículos fabricados. Se recomienda combinar la granulación con la plastificación, estabilización y coloración del material termoplástico.

Para granular materiales termoplásticos se suelen usar máquinas extrusión de uno o varios husillos y máquinas especiales, denominadas granuladoras. En las máquinas de husillos el material se inyecta a través de una rejilla de granuladora en forma de

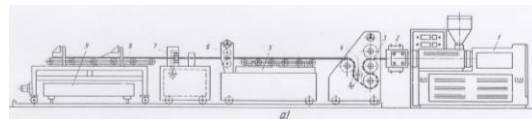
alambre, y se corta en gránulos con una cuchilla instalada directamente en la rejilla o después de la refrigeración en un baño de agua.



**Figura 8 (a)** Instalación de extrusión para la granulación de materiales termoplásticos: el alambre o varilla se corta en gránulos directamente en la rejilla.

#### INSTALACIONES PARA LA FABRICACIÓN DE LÁMINAS.

Por lo general se pueden obtener por extrusión láminas desde 0,5 hasta 6mm de espesor y de hasta 3 metros de anchura. Las láminas pueden ser lisas, con revestimiento o sin el, onduladas (en sentido longitudinal y transversal), láminas con relleno y reforzadas con fibra especiales, mallas, tejidos, etc.



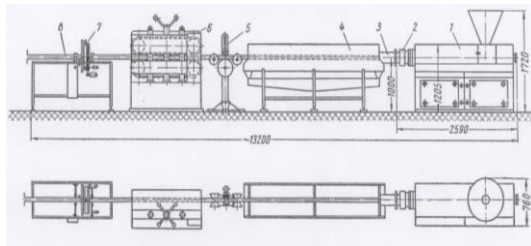
**Figura 9 (a)** Instalación para fabricar láminas de material termoplástico (a)- lisa.

#### INSTALACIONES PARA LA EXTRUSIÓN DE TUBOS, ARTÍCULOS PERFILADOS Y APLICACIÓN DE ENVOLTURA AISLANTE A ALAMBRE Y CABLES.

En principio una instalación para fabricar tubos, varillas, mangueras y otros artículos perfilados consiste en una extrusionadora de husillo 1, cabezal anular 2, con su correspondiente hilera calibradora 3, dispositivos 4, 5, 6 y 7 para refrigerar, medir, estirar y cortar el tubo 8 en trozos de longitud determinada; también lleva un recogedor especial que ordena los tubos acabados (en la figura no se muestra). Los tubos de diámetros pequeños y las



mangueras, por lo general, se recogen en bobinas.



**Figura 10.** Instalación para extrusionar tubos de material termoplástico con husillo de 60mm de diámetro.

### SELECCIÓN DE MODELADO PARA EXTRUSORA PARTIENDO DE LA PRODUCCIÓN

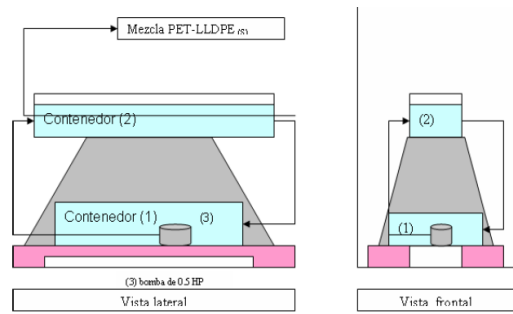
De varias opciones se optó por las instalaciones para la extrusión de tubos articulados perfilados en el cual tienen una hilera de calibración para extrusión de tubos que se encuentran en el interior de molde se realiza una tabla de ponderación para ver sus beneficios y de ahí poder partir con el proyecto.

Instalaciones tuberías	País	Husillo mm	LQ	Velocidad rpm	Producción kg/h	Potencia en Kw Calefacción	Potencia en Kw motor
Instalación de extrusión para la granulación de materiales termoplásticos alambre o varilla	BELGICA JUMEX	48	10.01	9.0-80	80	4.8	3
		62	11.01	9.0-80	100	6	5.2
		82	10.01	9.0-80	180	12.5	9
		100	10.01	9.0-80	350	18	12
		125	10.01	9.0-80	630	24	17.5
Instalación de extrusión para la granulación de materiales termoplásticos	REPUBLICA FEDERAL DE ALEMANIA	30	18.1 V 24.1	13-48	10	4	3.5
		45	18.1 V 24.1	7.0-41	25	5.5	6.5
		60	18.1 V 24.1	6.0-39	55	10	9
		90	18.1 V 24.1	9.0-33	140	17	22
		120	14.1 V 20.1	8.0-29	320	24	28
Instalación para fabricar laminas de material termoplásticos lisa	INGLATERRA WINDSOR	80-181-90	11.6-32.1	4.0-13	30	6	3.7
		104-198	17-34.1	6.0-18	45	7.0-8	7.5
		111.5	18-38.1	0-20	180	30	37
		29	10.01	10.0-30	8	0.4	0.7
		35	10.01	8.0-24	30	0.8	2.2
Instalación para fabricar laminas de materiales termoplásticos con ondulación longitudinal	ITALIA BAUSANO	80	10.01	18-32	50	2.2	3
		80	12.01	10.0-32	100	4	6
		100	12.01	7.0-25	150	6	9
		140	12.01	6.0-20	300	6.0-8.0	18
		64	12.01	0-50	100	7	12
Instalación para fabricar laminas de material con ondulación transversal	LUXEMBURGO MAPRE	92	10.01	0-48	150	8	15
		100	10.01	0-50	350	14	18
		160	10.01	0-33	800	28	37
Instalación para fabricar laminas de material termoplásticos con ondulación transversal	CHINA	30	18.1 V 24.1	13-48	10	4	3.5
		45	18.1 V 24.1	7.0-41	25	5.5	6.5
		60	18.1 V 24.1	9.0-33	140	17	22
		100	12.01	7.0-25	150	6	9

**Tabla 2** Ponderación de bondades de sistemas de instalación.

### 5.5 RESERVORIO Y TINA DE ENFRIAMIENTO.

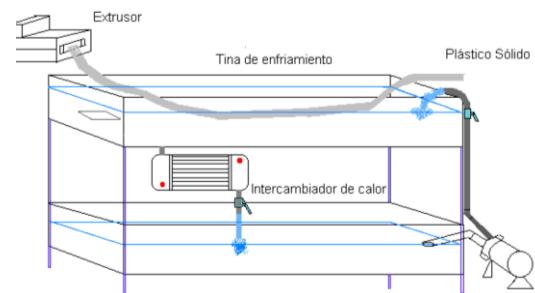
Se procede a llenar con agua el contenedor (1), de la cual se bombea al contenedor (2) en este contenedor se produce la transferencia de momentum y calor simultáneos al enfriar el producto. El agua se hace recircular.



**Figura 11** Tina de enfriamiento con sistema de recirculación, el flujo es manipulado con una válvula para mantener esta constante.

### Balace de calor en la tina de enfriamiento.

En el extrusor sale la mezcla PET - LLDPE (90-100)%, totalmente fundida a una temperatura de 130 - 160°C, la cual se enfría en una tina de enfriamiento la cual se debe mantener a 5 °C por medio de un motor bomba que hace recircular el agua, en donde hay un intercambiador de calor que hace bajar la temperatura.



**Figura 12** Sistema de enfriamiento con recirculación de agua.

Estado estacionario, la conductividad térmica no varía con la temperatura. La mayor temperatura se encuentra en el centro de la paleta de plástico,  $T_2 = T_w$  es la temperatura en la pared del plástico, que hipotéticamente se encuentra a 130 – 160 °C.



**Figura 13** Paleta de plástico donde la cara en la coordenada Z es la que mas emite calor, debido a que hay mayor área

Estas condiciones pueden determinarse recurriendo a las temperaturas en la mitad y la superficie de la placa.

$$T = T_1 \quad \text{en} \quad z=0$$

Condiciones en la frontera

$$T = T_2 = T_w \quad \text{en} \quad z=L$$

En la ecuación (2.21) aplicamos las

condiciones de la frontera

$$T = -\frac{c_1}{k}z + c_2$$

Entonces  $C_2 = T_1$

Y

$$C_1 = \frac{k}{L}(T_1 - T_2)$$

Sustituyendo en las ecuaciones

$$T = T_1 - \frac{(T_1 - T_2)}{L}z$$

### Calor transferido por la placa de plástico (convección).

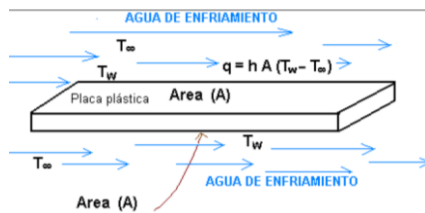


Figura 14. Calor que gana el agua proveniente del plástico, se obtiene con la correlación de Nusselt

A = Es el área de la placa, donde se observa que es la parte que más emite calor, el área de las partes laterales es muy poco el calor que emiten, por lo tanto se desprecia. Se considera que el calor va en una sola dirección.

$T_\infty$  = Temperatura del agua de enfriamiento.

$T_w$  = Temperatura en la superficie de la placa de plástico.

$h$  = Coeficiente de transferencia de calor por convección.

El área de transferencia es 2A.

Suposiciones:

Estado estacionario.

El agua toma el calor del plástico.

Propiedades constantes del agua para cada una de las temperaturas fijas.

El Reynolds del sistema está sujeto a cada una de las temperaturas fijas, a las que se realiza cada corrida.

Correlación (Pohlhausen) de transferencia de calor por convección para flujo externo, esto para una placa.

$$h = 0.664 (Re)^{1/2} (Pr)^{1/3} (k/L)$$

$$NVL = 0.664 (Re)^{1/2} (Pr)^{1/3}$$

$$h = \frac{NVL k}{L}$$

Propiedades del agua a 1 atm

T(°C)	$\rho$ ( $\frac{kg}{m^3}$ )	$\mu$ ( $\frac{kg}{m \cdot s}$ )	$k$ ( $\frac{W}{m \cdot ^\circ C}$ )	$C_p$ ( $\frac{kJ}{kg \cdot ^\circ C}$ )	Pr
5	999.75	0.0015	0.576	4.2069	11.167
11	999.55	0.00137	0.5868	4.1936	9.2166
35	993.6	0.00084	0.6256	4.174	4.7194
36.08	963.85	0.000814	0.6068	4.049	4.5781

Tabla 3. Propiedades del agua a distintas temperaturas.

Se las normas y cálculos que se detallaron anteriormente obtenemos que la tina de enfriamiento mas optima para construir se detalla en la siguiente tabla de ponderación.

TINA DE ENFRIAMIENTO		
	Dimensionamiento	
Estructura	Diámetro (mm)	1500 - 2000
	Base (mm)	395 mm
	Altura (mm)	292.280 mm
	Boquillas de entrada manguera (in)	1/2" - 2"
	Boquillas de salida manguera (in)	1/2" - 2"
	Temperatura promedio de estándar °C	5° 11° 35°
	Riel de desplazamiento horizontal (mm)	300mm
	Desplazamiento de calibración (mm)	150 mm
	Forma	Rectangular
	Volumen de agua	307048 546

Tabla 4. Ponderación de características de tina de enfriamiento

### Halador de tubo y cortadora.

El dispositivo de estirado lleva cuatro pares de rodillos cónicos 1 revestidos de goma. La velocidad mínima de estirado suelen ser de 0,5 a 1,1 m/min. Un variador adecuadamente diseñado asegura el cambio suave de la velocidad cubriendo una gama de 1:9. La potencia del motor es de 0,5Kw. Para formar el vacío necesario se emplea una bomba biescalonada de 4 a 5 m³/h, accionada por un motor eléctrico de



0,5 a 3kw. Cuando se requiere un calibrado por medio de aire comprimido la bomba puede ser fácilmente reemplazada por un compresor.

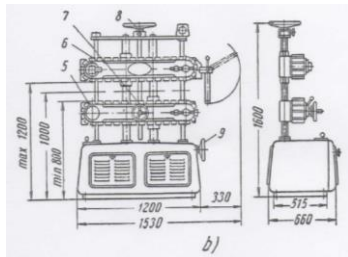


Figura 15. Dispositivos auxiliares para la fabricación de tubos; (b) - De oruga para el estirado del tubo

**Características principales de varias instalaciones soviéticas de uno y dos husillos destinadas a la fabricación de tubos, mangueras y artículos perfilados.**

TABLA 2.3						
Características técnicas de las instalaciones soviéticas para la fabricación de tubos, mangueras y artículos perfilados						
Parámetros	591681	591686	591670	AT-2-90-32110	591675	591627
Díametro del husillo, mm.	25	45	63	2 x 90	25	2 x 25
Relación L/D	25	25	20	12	30	12
Velocidad de giro del husillo, (gpm)	26-260	hasta 300	hasta 180		hasta 125	3,75-15
Producción máxima, kg/h	9	80	80	85	270	160
Velocidad de extrusión, m/min	0,5-14	0,5-10	0,5-10		3	0,5-8
Dimensiones de los artículos						
Díametro exterior, mm	10	6,0-50	10,0-50	32-110	110-180	125-400
longitud, m			hasta 12	6	6,0-12	6,0-8
Sección de perfil, mm	20 x 15					
Número de motores						
de corriente continua	3	3	3		2	3
de corriente alterna	1	8	4		8	2
Potencia de los motores, kw	3	25,0	28,5	34	135	70
Potencia de calefacción, kw	3	32,7	33,3		110	15,6
Consumo, m <sup>3</sup> /h						
de agua	0,1	3	0,6	1	4	2,5
de aire comprimido	1,5	4		0,5	4,5	1
Dimensiones (superficie de base x altura), m						
	10,2 x 0,74 x 1,6	13,3 x 2,3 x 3,3	13,2 x 2 x 2,5	20 x 3,1 x 2,2	39,4 x 2,6 x 4,6	24,7 x 1,3 x 2,6
Peso de la máquina, KN(t)	15	55	54	69	158	178
	1,86	5,5	5,63	6,97	16,8	17,8

Tabla 5. Características principales de varias instalaciones soviéticas.

**Selección de halador partiendo de la producción.**

Se tomo varias alternativas de haladores para buscar la mejor opción de este sistema para optimizar la producción.

Parámetros	Características de haladores de rodillos						
	HPIII, Fette	RS21, Manesty	DPHS, Stoles	DD5-2, Stoles	280-47, Colton	APP-20-200	
País	Inglaterra	Bélgica	Italia	China	República Federal Alemana	Italia	Maotz
Díametro de husillo, mm	20	32	45	83	90	20	
Relación L/D	25	25	25	20	20	25	
Velocidad de giro del husillo (gpm)	12,5-125	11-180	9,0-90	7,5-75	11,0-72	12,5-125	
Velocidad de extrusión (m/min)	18-180	14-140	12-118	10-100		18-180	
Resistencia total de cabeza perfiladora mm <sup>2</sup>	26-260	22-212	18-180	15-150		26-260	
Formado por rodillos	ok	ok	ok	ok		ok	
Formado por oruga	ok				ok	ok	
Velocidad mínima m/min	0,10	0,12	0,13	0,14	0,18	0,1	
Velocidad máxima m/min	30	45	60	70	95	30	
Esfuerzo máximo (KN o Kg)	1 o 100	1,5 o 150	2 o 200	3 o 300	4 o 450	1,2 o 120	
Adecuado para tubos hasta (pulgadas)	1/2"	1"	3/2"	2"	4"	1"	
Motor eléctrico (hp)	1/4hp	1/4 hp	1/2 hp	1hp	2hp	1/4hp	
Voltage, (v)	110/220	110/220	220-240	220-240	360/480	110/220	
Frecuencia (haz)	60 hz	50 hz	60 hz	60 hz	60 hz	50 hz	
Factor de frecuencia (p)	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	0,83	
Amperios	0,7/1	0,75/1,2	1,72/2,96	1,72/2,96	2,76/3	0,7/1	
Evaporar de frecuencia	ok	ok	ok	ok	ok	ok	

Tabla 6. Ponderación de características de halador

## 5.6 SISTEMA DE ENFRIAMIENTO

**Torres de circulación natural.**- Las torres de circulación natural se clasifican, a su vez, en torres atmosféricas y torres de tiro natural.

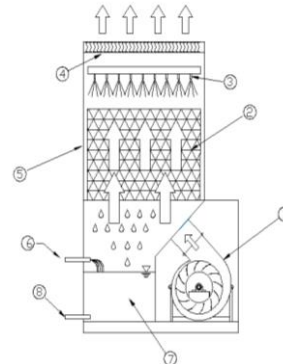


Figura 16. Partes de una torre de enfriamiento.

1. Ventilador: es un elemento mecánico que dirige el aire al interior del relleno, este elemento puede ser de tipo centrífugo o axial la aplicación dependerá del diseño y del tipo de torre de enfriamiento.
2. Relleno: es una estructura que se encuentra en el interior de la torre y puede ser metálica, plástica o de madera, su función es que el agua que cruza en su interior se pueda dividir en gotas mas pequeñas y también que las gotas permanezca la mayor cantidad del tiempo dentro del cuerpo de la torre a fin de garantizar una optima transferencia de calor. De igual manera ayuda a que el flujo de aire se distribuya uniformemente en el interior del cuerpo.
3. Sistema de distribución y aspersores: Se encuentran en la parte superior de la torre y permiten que el agua caliente ingrese a la torre en forma de gotas para aumentar su superficie de contacto.
4. Eliminadores de acarreo: Los eliminadores de acarreo o cortadotas son unas estructuras ubicadas en la parte superior de la torre y tienen la finalidad que las

gotas pequeñas no sean arrastradas por la corriente de aire fuera del sistema.

5. Cuerpo: esta parte es la estructura que le da forma a la torre, los materiales con las que puede estar construida pueden ser de metal, hormigón, madera, fibra de vidrio o de una combinación de ellos.

6. Tubería de restitución de líquido: Conforme se produce la evaporación del agua es necesario ir restituyéndola, para este propósito existe una tubería a presión que mantiene el nivel del reservorio constante.

7. Reservorio: Se encuentra en el fondo de la torre y es un tanque en el que se recoge el agua enfriada para que regrese nuevamente al sistema (carga térmica).

8. Tubería de salida de líquido: Esta tubería se encuentra en el nivel inferior del reservorio y su finalidad es extraer el agua que se ha logrado enfriar y enviarla a la carga térmica.

### 5.7 DIMENSIONAMIENTO DE LOS DIFERENTES SISTEMAS QUE CONFORMAN EL SISTEMA DE MOLDEO LINEA SELECCIONADO.

#### SELECCIÓN DEL SISTEMA DE MOLEO

El molde se inicia con la colocación del molde en la maquina y termina cuando se han conectado todos los sistemas de funcionamiento del molde. La diferencia radica que antes del análisis en ocasiones el montaje se iniciaba con la colocación de los suples en la maquina. Luego del análisis se ha definido una lista de moldes con sus respectivas prioridades de máquina, de manera que esta operación fue eliminada. La prioridad se la estableció en función del mejor encaje molde-maquina cuando esta trabaja con el molde, este último fue establecido considerándola eficiencia de la maquina.

El montaje se inicia con la colocación del molde en la maquina. El molde deberá estar colocado a un extremo de la maquina con sus respectivos componentes.

Molde	
Características	Parámetros
Ref. molde	23.99
Descripción	molde macho
Maquina china	VD 1000-B
Para (g)	95
Zona de Salida de Extrusión	A
Cavidades	1
Opción	4
Descripción	molde hembra
Maquina <del>plastico</del>	R100B
Para Rev.	30-95
Zona de Salida de Extrusión	B
Cavidades	1
Opción	3
Modificaciones	4
Moldes <del>plastico (pule)</del>	1/2" hasta 2"

Tabla 7. Selección del sistema de moldeo

#### DIMENSIONAMIENTO DE LA TINA DE ENFRIAMIENTO.

Para dimensionamiento de la tina de enfriamiento se debe tomar en cuenta los parámetros de producción para poder cumplir las exigencias de producción por el cual se ha desarrollado un sistema en forma de camisa para poder obtener un enfriamiento eficaz utilizando un control de nivel para llenado de agua para su enfriamiento por el cual sea a tomado las siguientes características para la construcción de la tina enfriamiento.

TINA DE ENFRIAMIENTO		
	Características	Parámetros
Estructura	Diámetro (mm)	1500 - 2000
	Boquillas de entrada manguera (in)	1/2" - 2"
	Boquillas de salida manguera (in)	1/2" - 2"
	Temperatura promedio de estándar °C	5° 11° 35°
	Riel de desplazamiento horizontal (mm)	300mm
Control de nivel	Desplazamiento de calibración (mm)	150 mm
	Voltaje (v)	220/240
	Código	B.F.M
Re alimentación	Sondas para detección de nivel de líquidos	LAB-RM201
	Bomba (hp)	1hp
	Velocidad (rpm)	1400 rpm
	Corriente (A)	1.2 A
	Reservorio de agua (lt)	500 lt

Tabla 8. Dimensiones de tina de enfriamiento.

#### SELECCIÓN DEL HALADOR DE LA TUBERIA.

Para la selección hay que cumplir los siguientes parámetros por medio de tablas mediante el cual se toma en cuenta la producción que entrega la maquina. Para el estirado de tubo se empleo un sistema de dispositivos de rodillos de sujeción mecánica estos dispositivos de rodillos

cubierta de goma porosa con un variador que permite cambiar las velocidades para distintos espesores.

Características de haladores de rodillos	
Parámetros	DDS-2, Stokes
País	China
Diámetro de husillo, mm	63
Relación L/D	20
Velocidad de giro del husillo r.p.m.	7,5-75
	10-100
	15-150
Resistencia total de cabeza perfiladora mm <sup>2</sup>	0,105
Formado por rodillos	ok
Formado por orugas	
Velocidad mínima m/min	0,14
Velocidad máxima m/min	70
Esfuerzo máximo (KN o Kg)	3 o 300
Adecuado para tubos hasta (pulgadas)	2"
Motor eléctrico (hp)	1hp
Voltaje (v)	220-240
Frecuencia (hz)	60hz
Factor de potencia f.p.	0.83
Amperios	1,72/2,96
Variador de frecuencia	ok

Tabla 9. Selección de halador de tubería.

## CONSTRUCCIÓN E INSTALACIÓN

### Instalación del sistema de moldeo.

Para la selección y construcción de piezas de inyección y sus correspondientes moldes se utilizan cada vez con mayor frecuencia el método de elementos finos perfiladores, con este método se reduce el tiempo de desarrollo y los costos, así como optimizar la funcionalidad de las piezas. Solo cuando se han determinado la piezas y todas las exigencias que influyen en el diseño de un molde, se puede ejecutar la construcción definitiva de este. Por ende se ha seleccionado la norma DIN E 16750 de 1/2" a 2" moldes perfiladores para manguera que tiene como división Molde estándar (molde de dos placas).

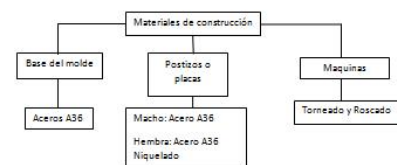
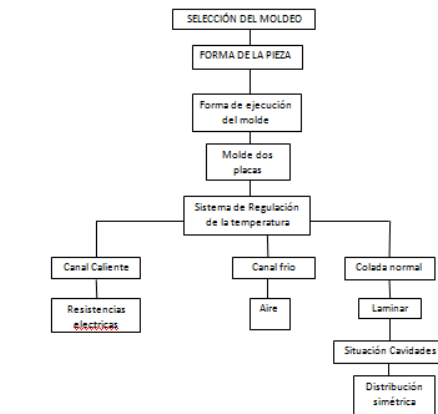


Figura 16. Diseño de selección de molde

Construcción de la tina de enfriamiento. Tiene por objeto remover el calor excedente que la tubería conserva a la salida del tanque de calibración. La importancia, radica en la estabilidad que adquiere el plástico para no deformarse al pasar por una unidad de tiro, de donde el tubo se somete a presiones que podría producir alteraciones en la forma circular requerida. Por lo cual sea dimensionado el enfriamiento por inmersión, el tubo pasa por una tina de enfriamiento; así se lleva a cabo por un intercambio de calor también constante, la inmersión de tubería de diámetro, donde por la velocidad alta de extrusión se requiere de un enfriamiento intenso.

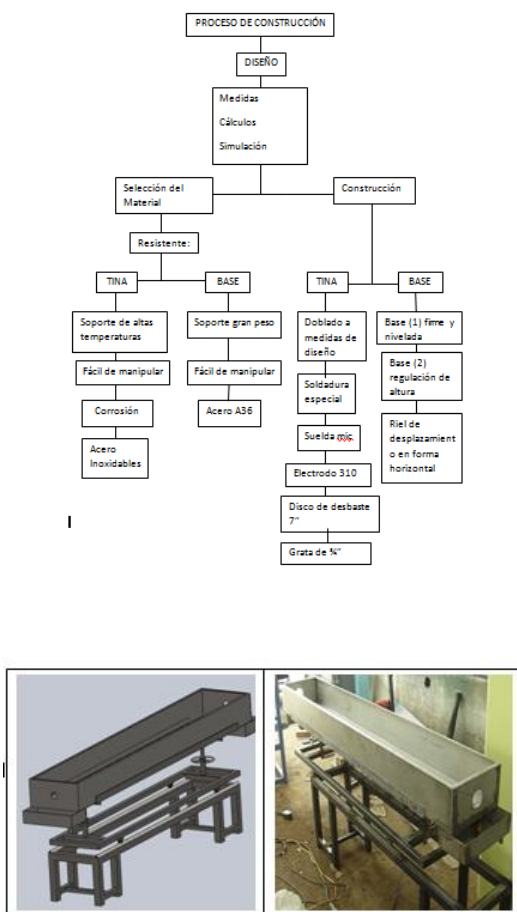


Figura 17. Diseño y construcción de tina de enfriamiento.

### INSTALACIÓN DEL SISTEMA DE HALADOR DE TUBERÍA.

Una vez que sale el tubo de la tina de enfriamiento completamente rígido pasa por un sistema de tiraje para lo cual se utiliza un jalador o puller el cual hará la función de jalar al tubo. Este transporte jalador además tiene la función de controlar el espesor de la tubería mediante la regulación de velocidad con lo que se pueden obtener tubos con paredes de diferente espesor.

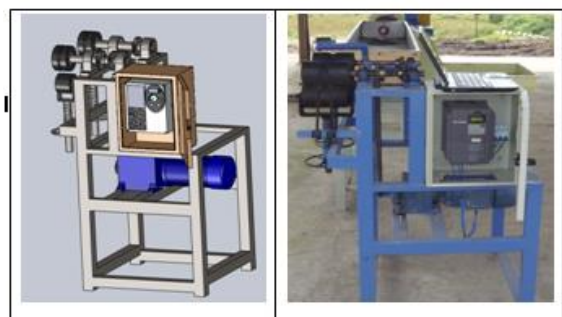
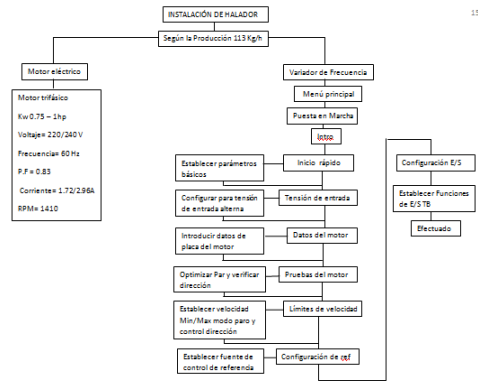


Figura 18. Instalación del halador

### DIMENSIONAMIENTO DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO.

Este diseño tiene como finalidad enfriar una corriente de agua por vaporización parcial de esta con el consiguiente intercambio de calor sensible y latente de una corriente de aire seco y frio que circula por el mismo circuito de tuberías las torres pueden ser de muchos tipos pero sin embargo el enfoque se centra en la siguiente torre de enfriamiento de tiro natural.

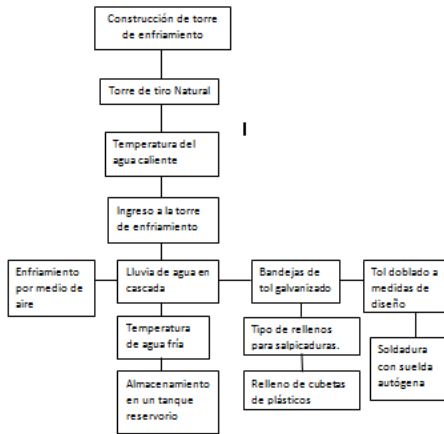


Figura 19. Dimensionamiento de torre de enfriamiento.

## VI. CALCULOS, SIMULACION Y PRUEBAS

### CALCULOS DE PRODUCCION. Flujo de Granza

Para encontrar la temperatura del molde tenemos que saber la producción de la extrusora.

Necesitamos determinar la producción de una extrusora, que fabrica tubos de polietileno de baja densidad, siendo constantes la anchura y profundidad del canal; el husillo es de un solo filete o canal ( $m = 1$ ).

Las características técnicas de la extrusora son: diámetro del husillo  $D = 63\text{mm}$ , longitud  $L = 1512\text{mm}$ , holgura radial entre los vértices de husillo y el cilindro  $\delta = 0.0064\text{mm}$ , anchura vértice  $e = 6,3\text{mm}$ , paso del canal helicoidal  $t = 63\text{mm}$ , profundidad del canal  $h = 3\text{mm}$ , y la resistencia total de la cabeza perfiladora  $k = 0,105\text{mm}^3$  girando el husillo a  $n = 90\text{ rpm}$ .

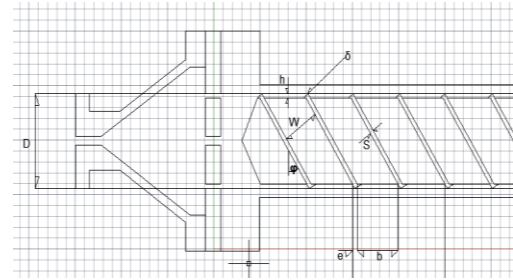


Figura 20. Sección del husillo y molde datos generales.

### Producción de una extrusora de tubo.

$$Q = \left( \frac{\alpha k}{k + \beta + \gamma} \right) \cdot n \quad (4.5)$$

$$Q = \left( \frac{(23,43) (0,105)}{0,105 + 8,78 \times 10^{-5} + 3,43 \times 10^{-8}} \right) \cdot 90$$

$$Q = 2108.56 \text{ cm}^3/\text{min}$$

### CALCULO DE TEMPERATURA DE LA GRANSA DERRETIDA

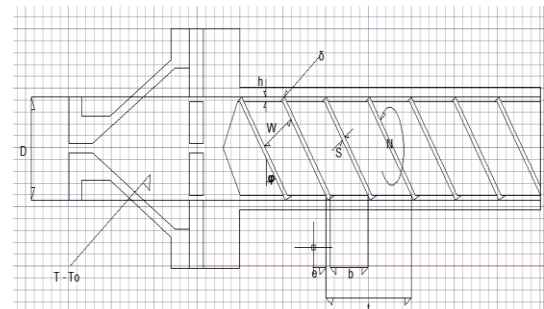


Figura 21. relación de temperatura y variables

$$T - T_o = \frac{n}{b} \ln \left( \frac{bl}{nch} \left( \frac{\pi Dh}{mo h} \right)^{\frac{1}{n}} S + 1 \right)$$

$$T - T_o = \frac{6}{1} \ln \left( \frac{1(1512)}{3(1,98)(0,46)} \left( \frac{\pi(63)(0,46)}{1(0,46)} \right)^{\frac{1}{6}} 4538195,25 + 1 \right)$$

$$T - T_o = \frac{6}{1} \ln(3,950538751 \times 10^{13})$$

$$T - T_o = 140.736 \text{ } ^\circ\text{C}$$

### CÁLCULOS DE LA CAMISA DE ENFRIAMIENTO.

Es importante mencionar que aquí, no se necesita sacar un promedio entre la temperatura de la pared del plástico y la temperatura del agua, porque este valor T permanece fijo por medio de la recirculación de agua y un intercambiador de calor.

Diámetros de tubos (pulgadas)	Q T <sub>o</sub> = 5 °C	Q T <sub>o</sub> = 11 °C	Q T <sub>o</sub> = 35 °C	Q T <sub>o</sub> = 36.08 °C
½	2.90 W	2.75 W	2.39 W	2.27 W
¾	3.27 W	3.09 W	2.69 W	2.56 W
1	5.814 W	5.50 W	4.79 W	4.55 W
1 ½	13.08w	12.39 W	10.79W	10.17W
2	23.24 W	22.03 W	19.18 W	18.22 W

Tabla 10 de Calor que transfiere el tubo de plástico hacia el agua.

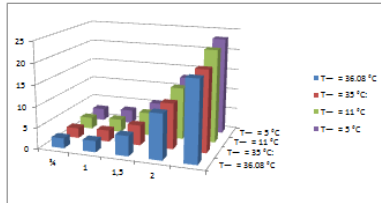


Figura 22. Representación del calor que transfiere el tubo de plástico hacia el agua.

## CÁLCULOS DE LA TORRE DE ENFRIAMIENTO

Se desea enfriar agua desde una temperatura estimada TL2= 43,3 °C (110 °F) hasta TL1= 29,4 °C (85 °F) en una torre de enfriamiento de agua empacada trabajando a contracorriente, con un flujo de aire G = 1.356 kg de aire seco/s´m<sup>2</sup> y una velocidad de flujo de agua de L= 1.356kg de agua/s´m<sup>2</sup>. El aire de entrada tiene 29,4 °C y una temperatura de bulbo húmedo de 23,9 °C. El coeficiente de transferencia de masa kGa tiene un valor estimado de 1,207 x 10<sup>-7</sup> kg mol/s´m<sup>3</sup>. Pa y hLa/kGaMBP es 4.187 x 10<sup>4</sup> J/kg´K (10.0 btu/ lbm ´°F). Calcule la altura z de la torre empacada. La torre opera a una presión de 1.013 x 10<sup>5</sup> Pa.

$$z = \frac{G}{2kGaMBP} \int \frac{dHy}{Hy_i - Hy}$$

$$z = \frac{1.356}{(2)(29)(1.207 \times 10^{-7})(1.013 \times 10^3)} (1.82)$$

$$z = 3.48 \text{ m}$$

## ANÁLISIS SOCIO ECONOMICO

Atendiendo a los presupuestos establecidos en las actas del Gobierno autónomo descentralizado de Otavalo. Se puede planear posibilidades de aplicación de periodos de maduración ya actualización de este proceso.

## RELACIÓN BENEFICIO COSTO

Se toma los ingresos y egresos presentes netos del estado de resultado, para determinar cuáles son los beneficios por cada peso que se sacrifica en el proyecto.

Año de operación	costos totales (usd)	Beneficios totales (usd)	Factor de actualización 10,7%	Costos actualizados (USD)	Beneficios actualizados (USD)	Flujo neto de efectivo actual (USD)
0	0	-16000	1	0	-16000	-16000
1	77880	288000	0,903	70355,15	260173,15	189817,99
2	82093,30	303580,8	0,816	74925,57	277074,55	202148,97
3	86534,55	320004,52	0,737	79710,52	294769,28	215058,75
4	91216,07	337316,76	0,666	84715,83	313278,89	228563,06
5	96150,86	355565,60	0,602	89957,40	332862,20	242704,79
6	101352,6	374801,70	0,543	95463,93	353025,34	257561,41
7	106835,8	395078,47	0,491	101222,971	374322,23	273099,26
8	112615,6	416452,22	0,443	107277,52	396711,96	289434,44
9	118708,1	438982,28	0,401	113614,716	420146,87	306532,15
10	125130,2	462731,22	0,362	120283,44	444807,79	324524,33
11	131899,7	487764,98	0,327	127284,74	470698,57	343413,836
12	139035,5	514153,07	0,295	134646,90	497923,82	363276,92
13	146557,3	541968,75	0,267	142370,38	526485,24	384114,86
14	154486,1	571289,26	0,241	150502,40	556555,42	406505,02
15	162843,8	602196,01	0,218	159045,34	588149,18	429103,84
total	1733339	6393885,6		1651376,87	6090786,57	4439409,7

Tabla 11. Indicadores de rentabilidad financiera.

## VII. CONCLUSIONES RECOMENDACIONES.

### CONCLUSIONES

Al diseñar un molde para una pieza perfiladora para tubería plástica, es importante tomar en consideración que el objetivo es producir tubería con la mejor calidad posible y en un ciclo de inyección tan corto como sea posible, porque se necesita mucha destreza y rapidez del operador para conseguir dar inicio a la conformación de la manguera.

La producción inicial siempre es defectuosa por que el sistema requiere de una estabilización en el flujo de aire, temperatura de trabajo y guiado de la manguera a través del halador hasta conseguir una buena conformación.

La selección de materiales para las placas del molde es importante, puesto que su función es permitir el flujo del plástico fundido con la mayor facilidad posible y proporcionar un mejor acabado superficial, evitando imperfecciones como porosidades y rugosidad en el producto.

Se diseño y se construyo una tina de enfriamiento que si cumpla con las exigencias de enfriar el producto ya



extruido para que solidifique para tener una mejor consistencia y rigidez.

Mediante un halador se pudo comprobar que mediante el cambio de velocidad se puede obtener tubería de mayor espesor.

El proceso óptimo para la extrusión del HDPE de desecho se obtuvo a una temperatura promedio del 140°C en todo el barril y a una velocidad de rotación de 90 rpm del tornillo consiguiendo un flujo de 113 kg/h.

El sistema de extrusión está diseñado independientemente del producto terminado, esto quiere decir que se puede obtener diferentes productos únicamente cambiando el perfil de la boquilla.

El producto final es de buena calidad y cumple con las exigencias del consumidor, ya que permite su correcta colocación en tuberías de agua potable sin presentar rupturas.

## **RECOMENDACIONES**

Hay que tomar en cuenta las características del polímero con el cual se piensa trabajar ya que las temperaturas y presiones de trabajo varían según el polímero, más aun si se trabaja con material reciclado.

Tomar en cuenta las debidas normas de seguridad utilizando el EPP, equipo personal de protección en el caso de las personas que estén vayan a manipular las maquinas.

Realizar una limpieza del cabezal y molde antes de empezar la producción. una de las formas para limpiar es poner trozos de PVC en la tolva de la máquina para que sea fundida ya que el este plástico es limpio, y es capaz de arrastrar las impurezas internas del molde.

Verificar siempre que los electrodos del control de nivel de la tina de enfriamiento envíen señal al relé de nivel para que se enciendan los led's.

Limpiar las bandejas de la torre de enfriamiento de impurezas que se encuentren dentro de estas ya que podrían ocasionar que se tapen los orificios de coladera por estar expuesta a campo abierto.

## **VIII. BIBLIOGRAFIA**

### **LIBROS:**

- Dr. Andrés Ozols. Propiedades mecánicas de los materiales. Proceedings of CONAMET – SAM SIMPOSIO MATERIA 2004, La Serena, 2004; 807- 810.
- Jesús Rodríguez Pérez, Análisis y desarrollo de metodología para la obtención de propiedades mecánicas de materiales a altas velocidades de deformación y alta temperatura. Universidad Complutense de Madrid. Departamento de ciencias de materiales E.T.S.I. CAMINOS- 1993; 256 – 257.
- Dr. Barr Harbor 100 Manual de Normas ASTM International, USA, West Conshohocken, PA 1898: Norma ASTM\_D 638 , ASTM\_D1044 y ASTM\_D1242.
- Dilp. Ing. Hans Gastrow. Moldes de inyección para plásticos, 4ª edición alemana completa corregida y ampliada editada por el Dipl. Ing. Edmund Linder y el Dr. Ing. Peter Unger. Impreso en España por JNP. 153 – 268; ISBN para la edición alemana 3-446-15628-3.
- José Eduardo Morales Mendaz. Introducción a la ciencia y tecnología de los plásticos, Edición 1; Editorial TRILLAS, 2010, IBSN 9786071706249.

- Donald Q. Kem. Procesos de transferencia de calor, Editorial Cecsca. 1ª Edición 1975, 981.
- Smith, Van Ness, Abbott- Introducción a la termodinámica en ingeniería química, Editorial Mc GrawHill 5ta Edición , 1997. 457 – 578, ISBN 9701013336.
- Ing. Angel Escobar Hernandez, Ciencias básicas de la Ingeniería, Universidad Autónoma Metropolitana de Cordova, Editorial Iztapalapa, 2da Edición, 1985,
- Guiller R. Estudio Termotecnico de Torres de Enfriamiento Autoventiladas Tesis de Maestrado, Universidad de Oriente Cuba, 1995.
- Leonel Flores. Extrusora de Plástico Reciclado. Tesis de Ingeniería, Universidad Técnica del Norte-Ecuador. 2013.
- V.K. Savgorodny Transformación de plástico. Traducción de Ing. Luis Uralde. Barcelona Editorial Gustavo Gili, S.A. 1973. 26- 444. ISBN 84-252-0746-0
- Libro Douglas M.Bryce. Plastics Infection Moldong, Manufacturing `process Fundamentals, SME. Dearborn 1996.
- Ramón Anguita Delgado. Moldeo por Inyección, Editorial Blume 1975.
- termoestables-usos-y-aplicaciones.html. Consultado el 05 de mayo de 2013.
- Wikipedia, Variador de frecuencia. Disponible en [http://es.wikipedia.org/wiki/Variador\\_de\\_frecuencia#p-search](http://es.wikipedia.org/wiki/Variador_de_frecuencia#p-search). Consultado el 22 de mayo de 2013.
- sistema de alimentación a inyección, el molde. Disponible en: [www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/el\\_molde.html](http://www.eis.uva.es/~macromol/curso07-08/inyeccion/el_molde.html) Consultado el 30 de mayo de 2013.
- [www.utp.edu.co/public17/fundipresion.html](http://www.utp.edu.co/public17/fundipresion.html). Consultado el 01 de Junio 2013
- [www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso1/Temario1](http://www.aprendizaje.com.mx/Curso/Proceso1/Temario1). Consultado el 01 de Junio 2013
- [www.geocities.com/usmindustrial/Fundicon.htm](http://www.geocities.com/usmindustrial/Fundicon.htm) Consultado el 01 de Junio 2013
- [Adrianmoraleslopez.blogspot.com/2010/04/modulo-1-actividad-4.html](http://Adrianmoraleslopez.blogspot.com/2010/04/modulo-1-actividad-4.html) Consultado el 01 de Junio 2013
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Diagrama\\_variador\\_de\\_frecuencia.JPG](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:Diagrama_variador_de_frecuencia.JPG) Consultado el 05 de Junio 2013
- [http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:VFD\\_System.png](http://es.wikipedia.org/wiki/Archivo:VFD_System.png) Consultado el 07 de Junio 2013
- [mecanicas.html](http://mecanicas.html). Consultado el 11 de Junio 2013
- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/03/extrusion-de-materiales-plasticos.html>. Consultado el 12 de Junio 2013
- <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.com/2011/06/propiedades> Consultado el 15 de Junio 2013

#### PAGINAS WEB

- VALLS, José María <http://www.interempresas.net/Plastico/Articulos/8259-Transformacion-de-materiales->