



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Revista Tecnológica ESPOL, (Diciembre 2009)

Montaje y Puesta en Marcha de la Planta Piloto de Procesamiento de Plásticos y Laboratorio para Análisis y Evaluación de Plásticos en la ESPOL

Pamela Laman A.⁽¹⁾ Álvaro Verdezoto D.⁽²⁾ Andrés Rigail C.⁽³⁾
Escuela Superior Politécnica del Litoral. ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

⁽¹⁾Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, plaman@espol.edu.ec

⁽²⁾Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, averdezo@espol.edu.ec

⁽³⁾Ing. Mecánico, Profesor FIMCP-ESPOL, arigail@espol.edu.ec
Guayaquil - Ecuador. ⁽¹⁾⁽²⁾⁽³⁾

Resumen

La industria plástica se ha desarrollado de manera progresiva y por lo tanto los productos plásticos ecuatorianos tienen que obtener un valor agregado y de esta manera poder competir con industrias plásticas a nivel mundial. Pero la mayoría del personal que labora en empresas dedicadas al procesamiento de plástico no tiene una formación técnica, sus conocimientos son muy básicos por lo tanto no son muy eficientes en sus puestos de trabajo. Por tal motivo, en el presente proyecto muestra el montaje y puesta en marcha de la planta de producción y el laboratorio de plástico de la ESPOL, el cual comprende todos los pasos necesarios para obtener una planta y laboratorio bien equipada de acuerdo con la demanda actual, así se podrá analizar y evaluar los plásticos para mejorar la competitividad de las industrias locales a través de entrenamiento, proyectos de innovación tecnológica, transferencia de tecnología, conocimiento de las últimas tendencias.

Palabras Claves: Proyecto, plástico, montaje, ESPOL, planta, laboratorio.

Abstract

The plastic industry has been developed of progressive way and therefore the Ecuadorian plastic products must obtain a value added thus this way to be able to compete with plastic industries at world-wide level. But most of the personnel who toils in companies dedicated to the plastic processing does not have a technical formation, their knowledge are very basic therefore they are not very efficient in its jobs. By such reason, in the present project it shows to the assembly and beginning of the production plant and the plastic laboratory of the ESPOL, which includes/understands all the steps necessary to obtain a plant and equipped affluent laboratory in agreement with the present demand, therefore will be able to be analyzed and to be evaluated plastics to improve the competitiveness of the local industries through training, projects of technological innovation, transference of technology, knowledge of the last tendencies.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



1. Introducción

La innovación en el sector del plástico ha aportado directamente en el proceso de producción, protección, almacenamiento y distribución segura de productos exportables ecuatorianos. Esto refleja un constante desarrollo de materiales, procesamiento de productos, mejoramiento continuo de la calidad, eficiencia energética y gestión de residuos. Por tales motivos, la Asociación Ecuatoriana de Plásticos (ASEPLAS), organismo que aglutina al 90% de la industria plástica ecuatoriana vio la necesidad de aliarse con la ESPOL con la finalidad de establecer bases de una cooperación recíproca para la promoción y realización de estudios, investigaciones y actividades de interés mutuo. Por lo cual se decidió en implantar una planta y laboratorio de procesamiento de plásticos en la ESPOL. En el presente proyecto se muestra de una manera ordenada, el proceso de desarrollo de un proyecto de ingeniería, desde la identificación y análisis del problema hasta la determinación del costo de la obra y su ejecución.

1.1. Identificación de la necesidad

ASEPLAS y ESPOL han venido realizando esfuerzos en conjunto para impulsar la capacitación y la investigación de una manera generalizada. Básicamente, las razones por las cuales no se ha profundizado son la falta de equipamiento tecnológico para el procesamiento de plásticos. Se espera que con un laboratorio se pueda mejorar el nivel de productividad de las industrias sin embargo la industria plástica es una industria dinámica y de alto nivel de competitividad, requiere al igual que otros países un centro de plásticos que aglutine las necesidades de la industria a través de programas de investigación, de entrenamiento y servicios tecnológicos en el área de plásticos que contribuyan al fortalecimiento de la industria, universidad y la sociedad.

1.2. Comprensión Paradigmática del Proyecto

Lo existente:

- La industria no dispone de un lugar que le permita conocer y adaptar nuevas tecnologías en plásticos a sus procesos productivos.

Lo deseado:

- Equipar el Centro con maquinaria para procesamiento y laboratorio de alta tecnología.

Lo factible:

- La industria participa con ESPOL en proyectos diversificados para la necesidad y nivel de cada empresa.
- Participación de alumnos en proyectos con auspicio de la industria desarrollada en el centro.

2. Planificación del laboratorio de procesamiento de plásticos

2.1. Selección de procesos de la planta

2.1.1. Inyección. El proceso de inyección consiste básicamente en:

- a) Plastificar y homogenizar con ayuda del calor el material plástico que ha sido alimentado en la tolva y el cuál entrará por la garganta del cilindro.
- b) Inyectar el fluido por medio de presión en las cavidades del molde, del cual tomará la forma o figura que tenga dicho molde.
- c) En el tiempo en el que el plástico se enfría dentro del molde posteriormente se abre el molde y expulsa la pieza moldeada.

2.1.2. Extrusión de películas. El proceso de extrusión consiste, básicamente, en la fusión de un material termoplástico, forzándolo a pasar a través de una boquilla o dado para producir un artículo continuo de corte seccional deseado. No siempre la forma final del artículo extruido corresponde a la del dado o boquilla, sino que se lo puede obtener con algún proceso posterior a base de aplicar presión o temperatura.

2.1.3. Reciclaje. Una de las aspiraciones de la industria plástica es cómo abaratar costos en la compra de materia prima y la mejor forma de lograrlo es mediante el reciclaje, de esta manera, se abaratan costos, se generan cada vez menos residuos y por tanto hay un menor impacto al medio ambiente; en el caso del laboratorio, se reprocesará el material generado por la propia planta. Primero se debe separar por tipo de materia prima, posteriormente se clasifican según las diferentes características físicas de los polímeros y de ser el caso se proceden a su lavado y compactado.

2.2. Selección de procesos del laboratorio

2.2.1. Ensayo de tracción. Las propiedades tensiles son el indicativo más simple de la fuerza de un material plástico.



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Los especímenes son colocados entre dos mordazas en una máquina de pruebas universal del tipo Instron, donde son estirados hasta que se produce su rotura, estableciéndose por este método la fuerza de tracción aplicada para provocar una elongación del material hasta su ruptura.

2.2.2. Medición del Índice de fluidez. Se conoce comúnmente como MELT INDEX.

Es una medida de la capacidad de flujo de una resina bajo condiciones controladas y se puede medir con un dispositivo denominado elastómero.

2.2.3. Ensayo de temperatura de reblandecimiento VICAT. Esta temperatura de ablandamiento VICAT es una buena forma de comparar las características de ablandamiento por calor de los diferentes materiales plásticos, además permite conocer el grado de homogeneidad y estabilidad de algunas resinas que se mezclan con aditivos, como es el PVC.

2.2.4. Ensayo de impacto IZOD. Mide la habilidad del polímero para resistir a la fractura cuando está expuesto a un impacto repentino. Está relacionado con la dureza del polímero.

Esta prueba se realiza con especímenes muescados bajo condiciones estandarizadas los que pueden ser inyectados o maquinados, y deben tener ciertas características que se anotan en la norma ASTM D-256.

2.2.5. Ensayos reológicos para caracterización de materiales. En el caso de los polímeros, es donde la reometría ha sido quizás usada más extensamente, se tiene que esta técnica proporciona en este caso información acerca del peso molecular promedio y distribución, propiedades visco-elásticas, temperaturas de transición vítrea, etc.

2.3. Distribución de planta y laboratorio

2.3.1. Selección y descripción de máquina inyectora. Para la selección de la máquina inyectora se realizó una matriz con todas las características técnicas y demás aspectos importantes para su selección. Seleccionando la inyectora LIEN YU y REED PRENTICE.

2.3.2. Selección y descripción de máquina extrusora. Para la selección de la máquina inyectora se realizó una matriz con todas las características técnicas y demás aspectos importantes para su selección. Seleccionando la extrusora de películas VENUS que utiliza como materia prima polietileno de alta densidad (HDPE) y polietileno de baja densidad (LD/LLDPE).

2.4. Selección del área para la ubicación de la planta y laboratorio

Para la selección del área de la planta y laboratorio se consideraron los siguientes parámetros:

Edificación existente, tipo de suelo, accesibilidad, ambiente.

Por lo tanto el espacio físico seleccionado es el edificio de intramet, debido a que cuenta con los requerimientos planteados.

2.4.1 Ubicación del área de la planta y laboratorio.

La planta de procesamiento de plásticos cuenta con un área de 168 m² y se encuentra ubicada en el taller de producción de la ESPOL a un lado del taller de fundición, frente a las instalaciones de la FIMCP. Incluye bodega para materia prima, moldes, herraje y grúa.

El laboratorio de plásticos cuenta con un área de 48 m² y se encuentra junto a la planta de procesamiento de plásticos.

2.4.2. Máquinas y equipos en la planta y laboratorio. Esta área de producción cuenta con las siguientes máquinas y equipos:

Dos máquinas de inyección, sopladora de extrusión, extrusora para películas y perfiles, línea de peletizado de polímeros, rotomoldeadora, chiller, compresor.

El laboratorio se encuentra dividido en tres zonas para su mejor utilización las cuales son:

Laboratorio de procesamiento, ensayo y diseño, laboratorio de caracterización y servicios

En esta área de laboratorio se encuentran los siguientes equipos:

MELT INDEX, máquina de ensayos universal: Tracción, VICAT, máquina de impacto IZOD, reómetro capilar, balanza analítica con 5 pesas.

2.5. Cronograma General del Proyecto

Se lo realizó al principio del proyecto para que todos los trabajos se desarrollen de una manera adecuada, eficientemente y en los tiempos estipulados. Así todo estaría bien organizado y planificado para no tener ningún contra tiempo en el transcurso del proyecto.

3. Ejecución del proyecto

3.1. Desarrollo del programa de trabajo

Para el desarrollo del programa de trabajo se siguió toda la planificación del cronograma general desde la importación de las máquinas, llegada,

adecuación de la planta, llegada de las máquinas, hasta el montaje de la inyectora extrusora.

3.2. Lista de materiales utilizados

La lista de materiales empleados en la construcción de la planta fue seleccionada de acuerdo a los trabajos que se realizaron en la instalación del sistema de aire comprimido y agua helada, tomando en cuenta cada accesorio que se necesitaba.

3.3. Lista de equipos empleados

La lista de equipos empleados en la construcción de la planta fue seleccionada de acuerdo a los trabajos que se realizaron en todas las instalaciones eléctrica, civil, sistema de aire comprimido y agua helada y el montaje de las máquinas.

3.4. Descripción de los trabajos realizados

En el proceso de construcción y montaje participaron un promedio de 12 personas, distribuidas de la siguiente manera:

Un gerente de proyecto, dos supervisores de personal, dos ingenieros para montaje, un tecnólogo para instalaciones eléctricas, seis ayudantes para el montaje de las máquinas.

3.5. Instalaciones eléctricas

En esta parte del proyecto trabajaron un promedio de 4 personas distribuidas de la siguiente manera: Un ingeniero eléctrico, tres ayudantes para la instalación eléctrica.

Se instalaron bandejas portacables tipo escalerilla de acero galvanizado. Para suministrar energía eléctrica a las máquinas se instalaron conductores para las diferentes máquinas de la planta, también se instaló un panel trifásico de 4 hilos, con capacidad para cuarenta puntos de 120/208 V, 225 A. En la instalación de lámparas trabajaron las mismas personas de las instalaciones eléctricas. Para el alumbrado de la planta se utilizaron varios tipos de luminarias en diferentes puntos estratégicos para que la planta tenga una excelente iluminación.

3.6. Sistema de enfriamiento de agua

Para la instalación de agua helada y aire comprimido trabajaron dos personas, un tecnólogo y un ayudante; no se requería más personal debido a que la planta no tiene mucha área y no hay muchas máquinas. Esta instalación duró dos semanas que abarcan desde su inspección y compra de materiales

hasta la instalación de tuberías. Se colocaron las tuberías a tres metros del suelo y por debajo de los rieles de los cables eléctricos por motivos de seguridad. Para la instalación del sistema de refrigeración se adquirió un chiller.

3.7 Sistema de aire comprimido

Para el cálculo del sistema de aire comprimido se va a considerar las exigencias de la planta para el caso más crítico de funcionamiento. Así se tienen los siguientes requerimientos:

Tabla 1. Requerimiento total de aire del sistema

Cantidad	Descripción	Presión [psi]	CFM unitario	CFM total
1	Inyectora	120	4	4
1	Extrusora	120	8	8
			TOTAL	12

A este valor de 12 cfm se aplica un porcentaje por pérdidas debido a fugas del 10% y un factor de previsión de expansión futura del 15%.

Quedando el valor final de 15,18 cfm.

Se escogió un esquema en anillo cerrado y del cual se derivan un ramal hacia la parte exterior y 3 bajantes en diferentes puntos de la planta.

Se va a emplear la siguiente metodología de trabajo, conociendo:

$$\text{Caudal [Q]} = 0,0095 \text{ m}^3/\text{s},$$

$$\text{Longitud [L]} = 27 \text{ m}.$$

$$\text{Viscosidad dinámica } [\mu] = 1,86 \times 10^{-5} \text{ N.s/m}^2.$$

$$\text{La densidad del aire } [\rho] = 8,28 \text{ Kg/m}^3.$$

La longitud total de la tubería, incluyendo la longitud equivalente de los accesorios es:

$$L = 27 + 4,1 = 31,1 \text{ m}$$

Con el caudal de aire de 0,0095 m³/s se calcula el caudal a las condiciones de la tubería usando la siguiente expresión:

$$Q_a = FAD \left(\frac{P_s}{P_a} \right) \left(\frac{T_s}{T_a} \right)$$

Entonces se tiene:

$$Q_a = 0,0095 \times \left(\frac{1,013 \times 10^5}{826,94 \times 10^2} \right) \times \left(\frac{303,33}{288,69} \right) = 0,0012 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El diámetro interno de la tubería de ¾" es de D = 20,55 mm

v = Velocidad de flujo, [m/s].

$$v = \frac{Q_a}{A} = \frac{0,0012}{\pi \frac{0,02055^2}{4}} = 3,67 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Ahora se emplea este valor para calcular el número de Reynolds:

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

$$Re = \frac{8.28 \times 3.67 \times 0.02055}{1.86 \times 10^{-5}} = 33551.5$$

El valor del coeficiente de rugosidad es de: $k = 0,05$ mm.

Se halla la rugosidad relativa:

$$\frac{k}{D} = \frac{0.005 \times 10^{-3}}{0.02055} = 0.0024$$

Con estos datos se consulta el diagrama de Moody y se halla el coeficiente de fricción: $f = 0,022$

Con este valor obtenido se calcula la pérdida de carga de la ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H = f \frac{L v^2}{D 2g}$$

$$H = 0.022 \times \left(\frac{31.1}{0.02055} \right) \times \left(\frac{3.67^2}{2 \times 9.81} \right) = 24.90 \text{ m}$$

En la ecuación de Bernoulli se considera que la altura que varía el recorrido de tuberías es despreciable, además al ser la tubería sección constante, su velocidad en todo el recorrido es constante, y por tanto se anulan las expresiones de altura y velocidad; por último se considera que la densidad no varía en el recorrido, así la ecuación de Bernoulli queda reducida a la siguiente expresión:

$$\frac{P_1}{\rho g} + H = \frac{P_2}{\rho g}$$

$$\Delta P = H * \rho * g$$

Se halla la caída de presión del sistema:

$$\Delta P = 24.90 \times 8.28 \times 9.81 = 2.02 \text{ KPa}$$

Esta caída de presión es aceptable por ser inferior al 10% de la presión de trabajo. Por lo tanto esta es la tubería recomendada, diámetro 3/4".

Para calcular los bajantes se emplea el mismo procedimiento:

Primero se asume un diámetro de 3/4", y el flujo máximo que recorre por cada bajante es de 8 cfm (0,0038 m³/s) y la longitud es de 6,5 m.

$$L = 6,5 + 3,7 = 10,2 \text{ m.}$$

Con el caudal de aire de 8 cfm (0,0038 m³/s) se calcula el caudal a las condiciones de la tubería:

$$Q_a = 0.0038 \times \left(\frac{1.013 \times 10^5}{826.94 \times 10^3} \right) \times \left(\frac{303.33}{288.89} \right) = 0.00049 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

El diámetro interno de la tubería de 3/4" es de $D = 0,02055$ m.

v = Velocidad de flujo, [m/s].

$$v = \frac{Q_a}{A} = \frac{0.00049}{\frac{\pi \cdot 0.02055^2}{4}} = 1.47 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

Número de Reynolds:

$$Re = \frac{8.28 \times 1.47 \times 0.02055}{1.86 \times 10^{-5}} = 13420.6$$

Coeficiente de rugosidad: $k = 0,05$ mm.

Rugosidad relativa:

$$\frac{k}{D} = \frac{0.005 \times 10^{-3}}{0.02055} = 0.0024$$

Del diagrama de Moody se obtiene el coeficiente de fricción: $f = 0,028$

Ecuación de Darcy-Weisbach:

$$H = 0.022 \times \left(\frac{31.1}{0.02055} \right) \times \left(\frac{1.47^2}{2 \times 9.81} \right) = 5 \text{ m}$$

Caída de presión del sistema:

$$\Delta P = 5 \times 8.28 \times 9.81 = 0.41 \text{ KPa}$$

En el bajante de 3/4" la caída de presión es despreciable, pero se procede a utilizar esta tubería porque es la que se tiene disponible.

Resumiendo, el sistema se instaló colocando un anillo principal de 3/4" de diámetro y con bajantes de 3/4" de diámetro.

De esta manera usando un margen de funcionamiento del 10%, el compresor debe seleccionarse de tal manera que alcance 120 psi (826,94 KPa) y 20 cfm (0,0095 m³/s).

Respecto al tanque acumulador, para dimensionamiento se usa la siguiente fórmula:

$$V_t = \frac{0.25 \times Q \times 3600 \times P_{at}}{4 \times (P_f - P_i)}$$

V_t = Volumen del tanque acumulador, [KPa].

Q = Caudal, [m³/s].

P_{at} = Presión atmosférica, [1,013x10⁵Pa].

P_f = Presión final, [KPa].

P_i = Presión inicial, [KPa].

$$V_t = \frac{0.25 \times 0.0095 \times 3600 \times 1.013 \times 10^5}{4 \times (826.94 \times 10^3 - 0)}$$

$$V_t = 0.26 \text{ m}^3$$

Este valor es el volumen del tanque acumulador necesario.

3.8. Ingreso de las máquinas y equipos de la planta

Para el ingreso de las máquinas se utilizó dos montacargas de 8 y 5 toneladas que es más barato que construir una rampa de cascajo por el tiempo de operación requerido, debido a que en la entrada de la planta no existe una rampa para que ingrese un montacargas o cualquier vehículo y la altura del piso es de un metro aproximadamente, por lo tanto se utilizó un segundo montacargas para levantar al primero y poder hacer las operaciones de movimiento de máquinas dentro de la planta.

4. Montaje de la planta

4.1. Consideraciones previas al montaje



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



Mantener el entorno de trabajo claro y limpio durante la transportación de la máquina para evitar accidentes. Se debe conocer el tamaño y peso de la máquina para determinar el tipo de montacargas a utilizar.

La construcción del piso debe estar totalmente terminada para la colocación de la máquina. El piso debe ser uniforme para evitar algún riesgo de la máquina que se caiga.

Todas las instalaciones eléctricas deben estar terminadas y seguras antes de la instalación y montaje de las máquinas.

4.2. Montaje de la máquina inyectora y extrusora de películas

El traslado de las máquinas desde el contenedor hasta la planta se realizó con la ayuda de dos montacargas hasta colocarlos en posición deseada, pero el movimiento de algunas partes se realizó manualmente con la ayuda de barretas usándolas como palancas para el levantamiento de la máquina, tubos de acero de cuatro pulgadas y un tórculo de 3.5 Ton para el levantamiento de la plataforma, rodillos y dado de la extrusora, y las respectivas herramientas para el montaje. Se tomó todas las precauciones para anular cualquier colisión que pudiera dañar la máquina.

Es recomendable que la máquina a ser transportada se mantenga nivelada, balanceada y los movimientos se ejecuten de forma lenta y con cuidado.

Al montar el anillo de aire sobre el dado se debe comprobar que se encuentre en el centro del anillo, el anillo debe estar nivelado y concéntrico con el dado; después de que se haga esto, hay que sujetar todas las mangueras del anillo del aire.

Al momento de abrir el rodillo de goma del rodillo superior de agarre se debe ajustar al centro del rodillo de acero, el cual debería ser centrado con el dado, se debe colocar una plomada desde el centro del rodillo superior de agarre al centro del dado.

Máquina inyectora.

Además del montaje de la máquina inyectora, se montaron ciertos equipos complementarios los cuales son:

- Tolva de secado.
- Cargador de materia prima.
- Soportes de la máquina.

Una vez que las máquinas estén instaladas en su posición de acuerdo al plano se debe hacer una inspección visual del interior y exterior de las mismas

para ver si la máquina está como se detalla en las especificaciones dadas en el manual del fabricante.

4.3 Nivelación

Las máquinas se nivelaron ajustando los pernos de los soportes de las mismas. Para su nivelación se utilizaron niveles de precisión, en el sentido de la longitud y ancho de la máquina.

Tolerancia que mide: Máximo 0.2 mm/m.

4.4 Descarga del aceite

Para la inyectora se seleccionó previa aprobación del proveedor, el aceite Gulf Harmony A.W. ISO 46 y se procedió a suministrar el aceite para el sistema de cierre de la inyectora, para esto se utilizó una bomba de aceite y un tanque de aceite Gulf 46, con contenido neto aproximado de 208 litros, lo cual dejó el depósito de aceite de la máquina a su máxima capacidad.

Para un uso correcto del aceite se debe seguir las siguientes recomendaciones: Es necesario comprobar la calidad del aceite cada 5000 horas de funcionamiento para proteger la máquina, para prolongar la vida útil de la inyectora se debe de engrasar cada 3 meses.

5. Puesta en marcha y prueba de máquinas

5.1 Puesta en marcha de inyectora, extrusora de películas y máquinas de laboratorio

Una vez ejecutado el montaje de las máquinas que constituyen el laboratorio para procesamiento de plásticos, se realizaron algunas pruebas con las máquinas como fue la inyección de reglas y probetas con la inyectora Lien Yu D75 y la inyectora REED F50 y la elaboración de películas de polietileno de alta densidad y baja densidad y con los equipos de laboratorio.

5.2 Encendida de máquinas

Para la máquina inyectora, primero se comprobó si todos los sistemas de seguridad de la máquina funcionaban correctamente. Una vez que la máquina estuvo situada en su posición, engrasada, llena de aceite, con los sistemas de enfriamiento de agua y compresión de aire trabajando correctamente, se pudo considerar que la máquina estaba disponible para ponerse en operación.

Para la máquina extrusora, si todos los motores giran en la dirección incorrecta, se debe invertir

cualesquiera dos de los cables de la energía de entrada. Si solamente uno o alguno de los motores rotaron en la dirección incorrecta, revise y vuelva a conectar los alambres correspondientes al tablero terminal del panel de control.

Es de extrema importancia que no encienda el motor principal hasta que no se haya alcanzado la temperatura de trabajo.

5.3 Ajuste presión/velocidad

Es posible ajustar el límite superior e inferior de la corriente mediante presión y velocidad proporcional. Se debe ajustar el límite de la presión más baja a 0 mA. Luego se ajusta el límite superior de la presión a 800 mA.

Ajuste la perilla para que el límite de la velocidad más baja sea 150 mA. Una vez hecho esto, ajuste la perilla para que el límite de velocidad superior esté a 600 mA.

5.4 Protección hidráulica

La protección hidráulica es una función especial que disminuye el peligro de posibles daños en el molde al momento del cierre

5.5 Montaje de molde, llenado de tolva y producción

En la máquina inyectora, una vez realizados los respectivos ajustes se montó el molde para realizar las pruebas, este molde era para fabricar probetas para ensayos de tensión, IZOD y VICAT. Para esta prueba se utilizó como materia prima polietileno de alta densidad PEAD.

Después cargada la máquina con el material de trabajo se procedió a abrir la tolva de secado para que pueda ingresar la resina hacia la unidad de inyección, luego se ingresaron las variables de operación en el panel de control; estas variables son: presión, temperatura, distancias del movimiento del molde, para después arrancar con la producción de las probetas.

En la máquina extrusora, una vez montado el cabezal se procedió a accionar el interruptor de alimentación principal, además se fijó todos los controles de las temperaturas para precalentar el tornillo. Cuando se alcanzaron las temperaturas de funcionamiento, se arrancó el tornillo a una velocidad reducida cerciorándose de que la tolva estuviera llena y la compuerta abierta.

Se llenó la tolva con la materia prima que se iba a utilizar de acuerdo al dado instalado. La materia prima utilizada fue polietileno de alta densidad PEAD.

Una vez que el sistema estuvo en funcionamiento, se reguló la burbuja al tamaño deseado.

Se ajustó la velocidad del tornillo y la velocidad de los rodillos de tiro para obtener el espesor de película deseado. Se tomaron muestras del espesor de la película en varios lugares a través del ancho de la burbuja. Tomando en cuenta todos estos ajustes se procedió a su producción.

5.6 Pruebas realizadas y producto terminado

Con las máquinas inyectoras se obtuvieron probetas para ensayos de tensión, VICAT e IZOD elaboradas con distintas resinas como PEAD, PEBD, PP y con diferentes colores de masterbatch.

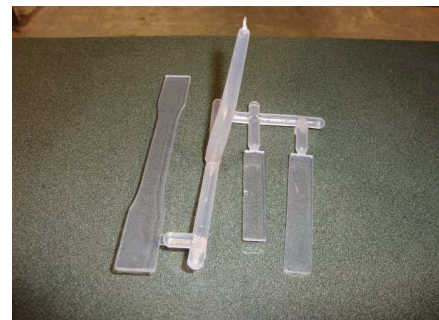


Figura 5.8. Producto semielaborado de inyectora.



FIGURA 5.9 Producto terminado inyectora.

En la máquina extrusora se elaboraron fundas de diferentes espesores y diferente material de extrusión.

En el laboratorio se realizaron ensayos de medición del índice de fluidez de resinas, tales como polietileno de alta densidad para extrusión, polietileno de baja densidad para inyección, polietileno de baja densidad lineal para inyección y polipropileno.

Además se realizaron ensayos de impacto IZOD para el mismo tipo de resinas con las probetas que fueron producidas en la planta.

Se elaboraron probetas de películas de polietileno para ensayos de tensión en dirección de máquina y en dirección transversal.

Se realizaron algunos ensayos reológicos con ayuda de la máquina Brabender Plastograph con lo cual se



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

CENTRO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA



determinó el torque requerido para la extrusión de películas.

6. Análisis de costos

6.1 Análisis de costos de las máquinas

Como se explicó en capítulos anteriores, se realizó una matriz de decisiones para la selección y adquisición de las máquinas, tanto la extrusora como la inyectora fueron compradas en el extranjero; por lo tanto, se incluye el costo de su nacionalización y transportación. El resto de equipos fueron adquiridos localmente. Además hay otros equipos donados por la industria local, como una extrusora para la línea de pelletizado y una máquina inyectora marca REED F50, y algunos equipos de laboratorio, estos costos no se han considerado.

El costo total de las máquinas de la planta y equipos de laboratorio es de \$ 74.947,46

6.2 Análisis de costos del montaje y construcción de la planta

A continuación se van a detallar los costos de los accesorios utilizados para el sistema de enfriamiento y el sistema de aire comprimido, además del costo de la mano de obra total del montaje de la planta.

El costo total de la planta de procesamiento de plásticos es de \$174.627,62 incluido los costos de la obra civil y eléctrica.

El porcentaje del costo de la mano de obra con respecto al costo de las máquinas es de 15,46%.

El peso total de la planta es de 8602,72 Kg. Se puede determinar el valor de kilo montado, siendo este valor 10,12 dólares por kilogramo.

6.3 Presupuesto

Se puede determinar la desviación del presupuesto que es del 22,92%.

El presupuesto establecido inicialmente para el montaje de la planta era de \$ 226.551,46. Este valor era financiado por la donación del 25% del impuesto a la renta de las industrias plásticas gestionado por ASEPLAS. En el año 2008 las políticas económicas cambiaron y se prohibió la donación de dicho valor debiéndose ajustar el presupuesto a los requerimientos básicos para que la planta comience su funcionamiento. Se está gestionando una segunda fase del proyecto en la cual se incluyan las maquinarias que no pudieron ser adquiridas en un inicio.

11. Agradecimientos

A mis queridos padres que con mucho cariño y esfuerzo me brindaron las herramientas para conquistar un logro más en mi vida. A mis hermanos por su alegría e incentivos a lo largo de mi vida. A mi familia. A César por su tiempo y apoyo incondicional. A mis profesores por su empuje brindados a lo largo de la carrera. A mis amigos. *Pamela*

A Dios. A mis padres. A mis hermanos. A mi tía. A mis amigos. *Alvaro*

12. Referencias

- [1] DIPAC, Catálogo de perfiles estructurales.
- [2] KAESER Compresores, Catálogo de Técnica de Aire Comprimido.
- [3] GILES RANALD V. Mecánica de los Fluidos e Hidráulica, Editorial Mc. Graw Hill
- [4] OCHOA GABRIEL, "Mejoramiento de Capacidad de Moldeo de Fundidora de Metales por Medio de Instalación de Red de Aire Comprimido" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2008)
- [5] VALAREZO HOMERO, "Mejoras en el Sistema de Aire Comprimido en una Planta Industrial" (Tesis, Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la Producción, Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2002).

15. Conclusión y resultados.

El costo del montaje estuvo dentro de lo establecido con un valor de mano de obra y equipos conforme al presupuesto, con ciertas desviaciones debido a imprevistos. Así como el tiempo programado para el montaje de las máquinas estuvo dentro de lo establecido dado que las máquinas se armaron en el tiempo planificado. Todas las máquinas fueron escogidas por ser las más idóneas para el entrenamiento en los procesos de inyección y extrusión y se seleccionaron luego de un análisis costo/beneficio.

Actualmente la planta se encuentra en operación y cumple con el objetivo de brindar capacitación enfocado en el manejo de las máquinas y realizar análisis de los productos obtenidos.

El presente trabajo permitió aplicar conocimientos aprendidos en diversas áreas de la carrera de una forma práctica y sirve de base para el análisis de futuros proyectos de montaje.