

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“ESTUDIO TÉCNICO E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE
TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS PARA EL ÁREA DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE
CUENCA”

Tesis previa a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico

Autor:

Freddy Roberto Albarracin Mogrovejo

Director:

Ing. Luis Marcelo López

Cuenca, Agosto 2014

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE CUENCA

CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA

“ESTUDIO TÉCNICO E IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE
TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS PARA EL ÁREA DE CIENCIA Y
TECNOLOGÍAS DE LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE
CUENCA”

Tesis previa a la obtención del
título de Ingeniero Mecánico

Autor:

Freddy Roberto Albarracin Mogrovejo
falbarracin@est.ups.edu.ec

Director:

Ing. Luis Marcelo López
llopez@ups.edu.ec

Cuenca, Agosto 2014

DECLARATORIA

El trabajo de grado que presento, es original y basado en la aplicación de los procesos de transformación de polímeros en los laboratorios del área de ciencia y tecnologías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. En tal virtud el procedimiento aplicado es exclusiva responsabilidad del autor.

Mediante la presente declaración cedo el derecho de propiedad intelectual correspondiente de este trabajo a la Universidad Politécnica Salesiana, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la Normativa Institucional vigente.



Freddy Roberto Albarracin Mogrovejo

CERTIFICO

Que el presente proyecto de tesis “*Estudio técnico e implementación del laboratorio de Transformación de Polímeros para el área de Ciencia y Tecnologías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca*” realizado por el estudiante *Freddy Roberto Albarracin Mogrovejo*, fue dirigido por mi persona.



Ing. Luis Marcelo López

DIRECTOR DEL PROYECTO

Agradecimiento

Agradecimiento a Dios por acompañarme en todo este camino.

A todas aquellas personas que supieron darme una palabra o simplemente su presencia. A mis docentes y en especial a mi Director de Tesis Ing. Luis López por su paciencia y confianza.

Dedicatoria

El presente proyecto representa todo un logro al esfuerzo realizado por mi persona y todos aquellos que me supieron apoyar durante este trayecto, dedico esta labor a mis padres: Manuel y Luzmila por su apoyo incondicional, por su esfuerzo y paciencia, a mis hermanos: Javier y Andrés por cada gesto de apoyo, a mis amigos: Rómulo, Roberto, Edison, Andrés, Cristian por cada palabra durante este trayecto.

RESUMEN

En el desarrollo del proyecto se presenta el estudio técnico e implementación del laboratorio de Transformación de Polímeros para el área de Ciencia y Tecnologías de la Universidad Politécnica Salesiana sede Cuenca. Se realiza un listado y codificado de las máquinas y dispositivos del laboratorio, se describe un breve concepto de la transformación de polímeros por extrusión y sus diferentes tipos de procesos. A continuación se describe cada uno de los equipos para los diferentes procesos de extrusión, comenzando con la máquina de extrusión *Extruder "E 20 T"*, luego el equipo para Película Soplada *Blown Film "BL 50 T"*, el equipo de Película Plana *Flat Film "CR 72 T"*, el equipo de *Pelletizado "CSG 171 T"*, *Waterbath "WB 850 T"*, el equipo para el proceso de extrusión de tubo *Vacuum "VKT 1000 T"*, *Arrastre "BAW 130 T"* y *Bobinado "WR 650 T"*.

Se detallan aspectos importantes para la adecuación del espacio físico, tanto sus requerimientos técnicos y de infraestructura, para un óptimo funcionamiento de cada uno de los equipos del Laboratorio de Transformación de Polímeros y planteando el diseño y el lugar de las instalaciones eléctricas, agua, aire y adecuaciones para cada equipo dentro del laboratorio.

Se presenta la descripción para el montaje, puesta a punto y pruebas piloto de funcionamiento, además se plantean guías de prácticas y los resultados de las pruebas realizadas en los equipos.

ÍNDICE

ÍNDICE.....	vi
LISTA DE FIGURAS.....	x
LISTA DE TABLAS.....	xiii
CAPITULO I	1
1.1 Listado y codificación de máquinas y dispositivos del laboratorio	2
1.2 Proceso de extrusión	4
1.2.1 Procesos y equipos.....	4
1.2.2 Producción de láminas y películas.....	8
1.2.2.1 Extrusión de lámina y película con dado de rendija	8
1.2.2.2 Proceso de extrusión de película soplada.....	10
1.2.3 Descripción general de la Extrusora “E20 T”.....	11
1.2.3.1 Datos técnicos	12
1.2.3.2 Procesos de aplicación	12
1.2.3.3 Función principal	15
1.2.3.4 Partes de la extrusora	15
1.2.4 Descripción general del Blown Film "BL 50 T"	22
1.2.4.1 Datos técnicos	22
1.2.4.2 Partes del Blown Film.....	23
1.2.5 Descripción general del Flat Film "CR 72 T".....	28
1.2.5.1 Datos técnicos	29
1.2.5.2 Partes del laminador.....	30
1.2.6 Descripción general del Pelletizador “CGS 171T”.....	35
1.2.6.1 Datos técnicos	36
1.2.6.2 Función principal	36
1.2.6.3 Partes del pelletizador.....	37
1.2.7 Descripción general del Water bath "WB 850 T"	39
1.2.7.1 Datos técnicos	39
1.2.7.2 Función principal	40

1.2.7.3	Partes del Water bath	41
1.2.8	Descripción general del Vacuum "VKT 1000 T"	43
1.2.8.1	Datos técnicos	43
1.2.8.2	Función principal	44
1.2.8.3	Partes de la máquina.....	46
1.2.9	Descripción general de "BAW 130 T" + "WR 650 T"	52
1.2.9.1	Datos técnicos	53
1.2.9.2	Partes de la máquina.....	53
CAPITULO II	60
2.1	Introducción	61
2.2	Estudio y análisis del área del laboratorio de transformación de poliméros... 61	
2.3	Especificaciones técnicas de cada uno de los equipos	64
2.3.1	Máquina de moldeo por Extrusion "E 20 T"	64
2.3.2	Máquina Blown Film "BL 50 T"	65
2.3.3	Máquina Flat Film "CR 72 T"	66
2.3.4	Máquina Pelletizador "CGS 171 T"	67
2.3.5	Equipo Waterbath "WB 850 T"	68
2.3.6	Equipo Vacuum "VKT 1000 T"	69
2.3.7	Equipo de Arrastre y Bobinado "BAW 130 T + WR 650 T"	70
CAPITULO III	71
3.1	Introducción	72
3.2	Capacidad.....	72
3.3	Distribución en planta	73
3.4	Instalaciones e instrumentación	74
3.5	Seguridad en el laboratorio	75
CAPITULO IV	78
4.1	Acondicionamiento del espacio físico.....	79
4.2	Montaje y puesta a punto.....	79
4.2.1	Montaje y puesta a punto de la Extrusora "E20 T"	79
4.2.2	Montaje y puesta a punto del Blown Film "BL 50 T"	80

4.2.3	Montaje y puesta a punto del Flat Film "CR 72 T"	81
4.2.4	Montaje y puesta a punto del Pelletizador "CGS 171 T"	81
4.2.5	Montaje y puesta a punto del Waterbath "WB 850 T"	82
4.2.6	Montaje y puesta a punto del Vacuum "VKT 1000 T".....	82
4.2.7	Montaje y puesta a punto del equipo de arrastre y bobinado "BAW 130 T"+"WR 650.....	84
4.3	Pruebas piloto de funcionamiento	84
4.3.1	Pruebas piloto de funcionamiento de la Extrusora "E 20 T"	84
4.3.2	Pruebas piloto de funcionamiento del Blown Film "BL 50 T"	86
4.3.3	Pruebas piloto de funcionamiento del Flat Film "CR 72 T"	87
4.3.4	Pruebas piloto de funcionamiento del Pelletizador "CGS 171 T"	88
4.3.5	Pruebas piloto de funcionamiento del Waterbath "WB 850 T".....	90
4.3.6	Pruebas piloto de funcionamiento del Vacuum "VKT 1000 T"	91
4.3.7	Pruebas piloto de funcionamiento del equipo de Arrastre y Bobinado "BAW 130 T"+"WR 650	95
CAPITULO V		97
5.1	Estructura de las guías de prácticas.....	98
5.1.1	Estructura teórica	98
5.1.2	Aplicación práctica	98
5.1.4	Componentes de la guía de práctica	98
5.1.4.1	Objetivo general	99
5.1.4.2	Método	99
5.1.4.3	Equipos.....	99
5.1.4.4	Marco teórico	99
5.1.4.5	Desarrollo o procedimiento.....	99
5.1.4.6	Cálculos y resultados.....	99
5.1.4.7	Actividades del alumno.....	100
5.1.4.8	Cuestionario	100
5.1.4.9	Recomendaciones y conclusiones.....	100
5.2	Guías de práctica	100
5.2.1	Guía de práctica proceso de pelletizado.....	101

5.2.2	Guía de práctica proceso de extrusión de película soplada.....	121
5.2.3	Guía de práctica proceso de extrusión de tubo.....	139
5.2.4	Guía de práctica proceso de extrusión de película plana	165
5.3	Ejecución y validación de las guías de práctica	186
5.3.1	Ejecución y validación de la guía de práctica del proceso de pelletizado.....	186
5.3.2	Ejecución y validación de la guía de práctica del proceso de extrusión de película soplada.....	195
5.3.3	Ejecución y validación de la guía de práctica del proceso de extrusión de tubo	206
5.3.4	Ejecución y validación de la guía de práctica del proceso de extrusión de película plana	215
	Referencias bibliográficas.....	226

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1.1: Modelo de codificación.	3
Figura 1.2: Componentes y características de un extrusor (de tornillo único) para plásticos y elastómeros. La relación L/D está reducida ara mayor claridad del dibujo.5	
Figura 1.3: Detalles de un Tornillo Extrusor dentro del Cilindro.	6
Figura 1.4: Configuración para la extrusión de láminas y películas.	9
Figura 1.5: (a) Uso de baño de enfriamiento rápido o (b) rodillos refrigerantes para solidificar la película fundida después de la extrusión.	9
Figura 1.6: Proceso de soplado de película delgada tabular para alta producción.	10
Figura 1.7: Extrusora “E20 T”	11
Figura 1.8: Sistema de Laminado.	13
Figura 1.9: Sistema de Película Soplada.	13
Figura 1.10: Sistema de Pelletizado.	14
Figura 1.11: Sistema de Tubería.	14
Figura 1.12: Función Principal.	15
Figura 1.13: Partes Principales de la Extrusora.	15
Figura 1.14: Unidad de Accionamiento.	16
Figura 1.15: Unidad de Procesamiento.	17
Figura 1.16: Cilindro.	18
Figura 1.17: Calefacción (sin cubierta).	18
Figura 1.18: Tolva.	19
Figura 1.19: Brida de Sujeción (Abierta y Cerrada).	19
Figura 1.20: Panel de Control.	20
Figura 1.21: Blown Film “BL 50T”	22
Figura 1.22: Partes de la Maquina.	23
Figura 1.23: Rodillos guía de Film.	24
Figura 1.24: Bobinador.	25
Figura 1.25: Guía de Película Soplada.	25
Figura 1.26: Panel de Operación.	26
Figura 1.27: Flat Film “CR 72T”	28

Figura 1.28: Flat Film “CR 72T”	29
Figura 1.29: Partes del Flat Film “CR 72T”	30
Figura 1.30: Despiece Flat Film “CR 72T”	32
Figura 1.31: Configuración de Calefacción	32
Figura 1.32: Panel de Control	33
Figura 1.33: Pelletizador “CSG 171T”	35
Figura 1.34: Partes de la Maquina.....	37
Figura 1.35: Unidad de Pelletización	37
Figura 1.36: Elementos de Mando	38
Figura 1.37: Water Bath "WB 850 T"	39
Figura 1.38: Trabajo Principal	41
Figura 1.39: Partes de la Maquina.....	41
Figura 1.40: Rodillos Guía.....	42
Figura 1.41: Vacuum "VKT 1000 T"	43
Figura 1.42: Línea Completa para Tubos.....	46
Figura 1.43: Partes de Vacuum “VKT 1000 T”	46
Figura 1.44: Sistema de Refrigeración y Tuberías.....	48
Figura 1.45: Tablero de Control “VKT 1000 T”	49
Figura 1.46: Maquinas "BAW 130 T" + "WR 650 T"	52
Figura 1.47: Partes de la Maquina "BAW 130 T" + "WR 650 T"	53
Figura 1.48: Unidad de Arrastre.....	54
Figura 1.49: Panel de Control "BAW 130 T" + "WR 650 T"	55
Figura 1.50: Unidad de Alineamiento.....	58
Figura 1.51: Disco Enrollador.....	59
Figura 2.1: Área Disponible para el Laboratorio de Transformación de Polímeros..	63
Figura 3.1: Distribución de los Equipos en Planta:.....	73
Figura 3.2: Distribución de Redes de Agua y Aire	74
Figura 4.1: Adecuación del Laboratorio	79
Figura 4.2: Instalación Agua de Refrigeración	80
Figura 4.3: Conexión de Agua Waterbath "WB 850 T"	82
Figura 4.4: Conectores para energía del Vacuum "VKT 100 T"	83

Figura 4.5: Conexión de Agua y Aire del Vacuum "VKT 100 T"	83
Figura 4.6: Conectores	84
Figura 4.7: Puesta a Punto de la Extrusora "E 20T"	85
Figura 4.8: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo	85
Figura 4.9: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo	89
Figura 4.10: Pre-ajuste de la brecha de alimentación	90
Figura 4.11: Estación de trabajo.....	91
Figura 4.12: Dado y Galgas de Intercambio	92

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1.1: Maquinas, dispositivos y equipos del laboratorio.....	2
Tabla 1.2: Codificación Completa de los Equipos de TP.	4
Tabla 1.3: Datos Técnicos Extrusora "E 20T"	12
Tabla 1.4: Partes Principales de la Extrusora.....	16
Tabla 1.5: Datos Técnicos Blown Film "BL 50T".....	22
Tabla 1.6: Partes de Blown Film "BL50 T"	23
Tabla 1.7: Datos Técnicos Flat Film "CR72 T"	29
Tabla 1.8: Partes del Flat Film "CR 72T".....	31
Tabla 1.9: Datos Técnicos Pelletizador "CGS 171T"	36
Tabla 1.10: Partes de la Maquina.....	37
Tabla 1.11: Elementos de Mando.....	38
Tabla 1.12: Datos Técnicos Water Bath "WB 850T"	40
Tabla 1.13: Partes de la Maquina.....	41
Tabla 1.14: Datos Técnicos Vacuum "VKT 1000T"	43
Tabla 1.15: Partes de la Maquina "VKT 1000 T".....	46
Tabla 1.16: Datos Técnicos "BAW 130 T" + "WR 650 T"	53
Tabla 1.17: Partes de la Maquina "BAW 130 T" + "WR 650 T"	54
Tabla 2.1: Requerimientos para la adecuación del Espacio Físico, para el Laboratorio de T.P.	61
Tabla 2.2: Requerimientos adicionales para el Laboratorio de T.P.	62
Tabla 2.3: Ficha Técnica extrusora "E 20 T"	64
Tabla 2.4: Ficha Técnica Blown Film "BL 50 T"	65
Tabla 2.5: Ficha Técnica Flat Film "CR 72 T"	66
Tabla 2.6: Ficha Técnica Pelletizador "CGS 171 T"	67
Tabla 2.7: Ficha Técnica Waterbath "WB 850 T"	68
Tabla 2.8: Ficha Técnica Vacuum "VKT 1000 T".....	69
Tabla 2.9: Ficha Técnica Equipo de Arrastre y Bobinado "BAW 130 T + WR 650 T"	70
Tabla 3.1: Listado de Materiales.....	75

Tabla 3.2: Símbolos de Advertencia.....	75
Tabla 3.3: Símbolos de Prohibición.....	76
Tabla 4. 1: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo.....	86
Tabla 4. 2: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo.....	89
Tabla 4. 3: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo.....	91

CAPITULO I

DESCRIPCIÓN, CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS Y APLICACIONES DE LOS EQUIPO

1.1 LISTADO Y CODIFICACION DE MAQUINAS Y DISPOSITIVOS DEL LABORATORIO

Los equipos que actualmente constan en el laboratorio se detallan en la siguiente tabla:

Tabla 1.1: Maquinas, dispositivos y equipos del laboratorio

IDENTIFICACIÓN / CODIGO	DESCRIPCION Y MODELO
01	EXTRUSORA "E20 T"
02	BLOWN FILM "BL 50 T"
03	FLAT FILM "CR 72 T"
04	PELETIZADOR "CGS 171 T"
05	WATERBATH "WB 850 T"
06	VACUUM "VKT 1000 T"
07	"BAW 130 T"+"WR 650 T"

Fuente: El Autor

Para la codificación se tomara en cuenta la Tabla 1.1, ya que es el listado de los equipos adquiridos por la Universidad Politécnica Salesiana (UPS), para el Laboratorio de Transformación de Polímeros.

La codificación de los equipos está basada en el sistema de registro con el que cuenta la dirección de laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana. Se tomara en cuenta el tipo de los equipos adquiridos así como su funcionalidad dentro de los laboratorios de ingeniería, su ubicación general, la carrera de los que hacen parte, ubicación específica y el código del equipo.

De acuerdo al trabajo de fin de carrera [1], para la dirección de laboratorios de la carrera de Ingeniería Mecánica, con el sistema de codificación permite la identificación correcta de los equipos y cuyo lenguaje debe manejar ítems de forma simple y accesible para todos los usuarios.

Codificación por niveles

Nivel 1: se considera como una planta a cada área de la sede Cuenca. En este caso para este laboratorio tenemos:

- **Área de la sede Cuenca:** Mecánica.
- **Denominación:** IM

Nivel 2: Se asignara dos dígitos para enumerar los diferentes laboratorios. En este caso para estos laboratorios tenemos:

- **Laboratorios y secciones:** Transformación de Polímeros
- **Codificación de nivel 2:** 17

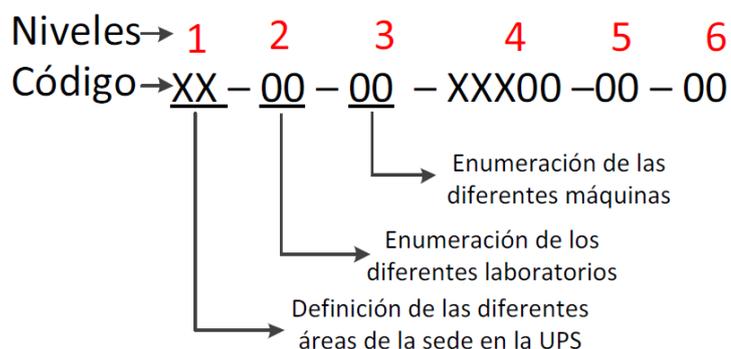
Nivel 3: asignación de dos dígitos para enumerar las máquinas existentes en cada laboratorio.

Nivel 4: a este nivel se le asignan tres letras y dos números, dados por el software de mantenimiento.

Nivel 5: se enfoca a hacer referencia a los componentes que conforman cada equipo, por medio de dos dígitos numéricos.

Nivel 6: hace referencia a los elementos que conforman cada componente.

Figura 1.1: Modelo de codificación.



Fuente: Dumaguila E. *Gestión e Imple. del Plan de Mant. Labs. del Area de Ing. Mec. UPS. 2014*

Tomando en consideración este ejemplo, la codificación de cada uno de los equipos de Transformación de Polímeros, que se encuentra dentro de los Laboratorios de Ingeniería, específicamente en los Laboratorios de Mecánica, se detalla en la tabla 1.2.

Tabla 1.2: Codificación Completa de los Equipos de TP.

Descripción y Modelo.	Codificación Completa.
EXTRUSORA "E20 T"	IM – 17 – 01
BLOWN FILM "BL 50 T"	IM – 17 – 02
FLAT FILM "CR 72 T"	IM – 17 – 03
PELETIZADOR "CGS 171 T"	IM – 17 – 04
WATERBATH "WB 850 T"	IM – 17 – 05
VACUUM "VKT 1000 T"	IM – 17 – 06
ARRASTRE "BAW 130 T" Y BOBINADO "WR 650 T"	IM – 17 – 07

Fuente: El Autor

1.2 PROCESO DE EXTRUSIÓN

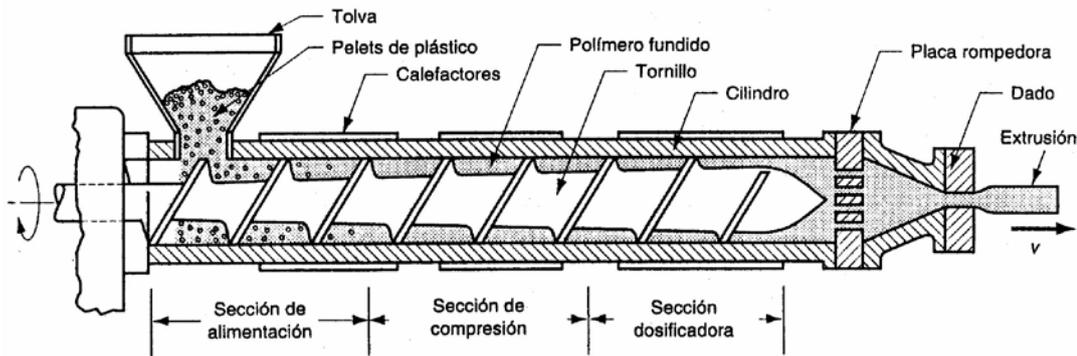
La *extrusión* es un proceso de compresión en el cual se fuerza al material a fluir a través del orificio de un dado para generar un producto largo y continuo, cuya forma está definida por la forma de la sección transversal del orificio. Es un proceso de conformación para polímeros que se usa ampliamente con termoplásticos y elastómeros (rara vez con termoestables) para producir masivamente artículos como tubos, ductos, mangueras, perfiles estructurales (molduras de ventanas y puertas), láminas y películas, filamentos continuos, recubrimientos de alambres y cables eléctricos. Para este tipo de productos, la extrusión se lleva a cabo como un proceso continuo y se corta en las longitudes deseadas [4].

1.2.1 PROCESOS Y EQUIPOS

En la extrusión de polímeros el material en forma de *pellets* se alimenta a un cilindro de extrusión, donde se calienta y se le hace fluir a través del orificio de un dado por medio de un tornillo giratorio, como se ilustra en la figura 1.2. Los dos componentes principales del extrusor son el cilindro y el tornillo. El dado no es un componente del extrusor, sino una herramienta especial que debe fabricarse con el perfil particular a producir [4].

El diámetro interno del cilindro extrusor fluctúa típicamente entre 25 a 150 mm. El cilindro es largo con respecto a su diámetro con una relación L/D usualmente ente 10 y 30. Las relaciones más grandes se usan para materiales termoplásticos, mientras que los valores más bajos de L/D son para elastómeros

Figura 1.2: Componentes y características de un extrusor (de tornillo único) para plásticos y elastómeros. La relación L/D está reducida ara mayor claridad del dibujo.

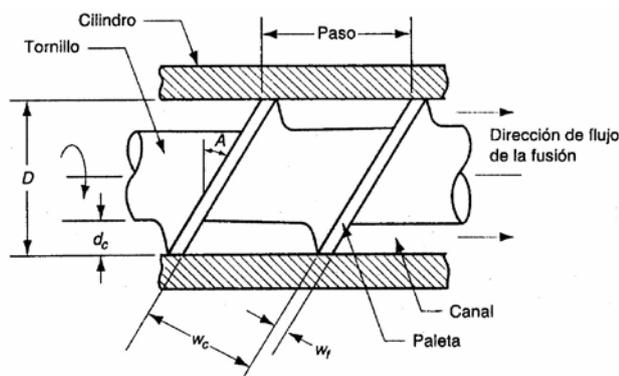


Fuente: Mikell P. Groover. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos Y Sistemas.

La tolva que contiene el material de alimentación se localiza en un extremo del cilindro. Los pellets se alimentan por gravedad sobre el tornillo giratorio, que mueve el material a lo largo del cilindro. Se utilizan calentadores eléctricos para fundir inicialmente los pellets sólidos; el mezclado y el trabajo mecánico subsiguiente del material generan el calor adicional que mantiene la fusión. En algunos casos, el mezclado y la acción cortante generan el calor suficiente, de manera que no se requiere calentamiento externo. De hecho, en algunos casos el cilindro debe ser enfriado externamente para prevenir el sobrecalentamiento del polímero. El material se transporta a través del cilindro hacia la abertura del dado por la acción del tornillo extrusor, que gira aproximadamente a 60 rev/min. El tornillo tiene varias funciones y se divide en secciones que corresponden a cada función. Las secciones y las funciones son:

- 1) *Sección de alimentación*, en la cual el material se mueve desde la puerta de la tolva y se precalienta;
- 2) *Sección de compresión*; donde el polímero adquiere una consistencia líquida, el aire atrapado entre los pellets se extrae de la fusión y el material se comprime y
- 3) *Sección dosificadora*; en la cual se homogeneiza la fusión y se desarrolla suficiente presión para bombearla a través del orificio del dado.

Figura 1.3: Detalles de un Tornillo Extrusor dentro del Cilindro.



Fuente: Mikell P. Groover. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos Y Sistemas.

La operación del tornillo está determinada por su geometría y su velocidad de rotación. La geometría típica de un tornillo extrusor se describe en la figura 1.3. El tornillo consiste en paletas o aspas espirales (roscas) con canales entre ellas, que conducen el polímero fundido. El canal tiene un ancho w_f y una profundidad d_c . Al girar el tornillo, las paletas empujan el material hacia adelante a través del canal desde la tolva hasta el dado. Aunque no se aprecia en la figura, el diámetro de la paleta es más pequeño que el del cilindro D con un pequeño claro de aproximadamente 0.05 mm. La función de este claro es limitar la fuga de la fusión hacia atrás, a través del canal conductor. La pared de la paleta tiene un ancho w_f , y está hecha de acero endurecido para resistir el desgaste al girar y al rozar contra el interior del cilindro. El tornillo tiene un paso, cuyo valor es generalmente cercano al diámetro D . El ángulo de la paleta A es el ángulo de la hélice del tornillo y puede determinarse mediante la relación:

$$\tan A = \frac{\text{paso}}{\pi D}$$

El incremento de presión que se aplica al polímero fundido en las tres secciones del cilindro se determina en gran parte por la profundidad del canal d_c . En la figura 1.3, d_c es relativamente grande en la sección de alimentación para permitir la admisión de grandes cantidades de polímero granular en el cilindro.

En la sección de compresión, d_c se reduce gradualmente, aplicando así presión creciente en el polímero al ser fundido.

En la sección dosificadora, dc es pequeño y la presión alcanza un máximo al restringirse el flujo por el empaque de la pantalla y la placa de sostén.

En la figura 1.2, las tres secciones del tornillo se muestran iguales en longitud; esto es apropiado para un polímero que funde gradualmente como el polietileno de baja densidad PEBD (en inglés LDPE). Para otros polímeros, las longitudes óptimas de las secciones son diferentes. Para polímeros cristalinos como el nylon, la fusión ocurre más bien abruptamente en un punto específico de fusión, en consecuencia es apropiada una sección corta de compresión [4].

Los polímeros amorfos como el cloruro de polivinilo funden más lentamente que el LDPE, y la zona de compresión para estos materiales debe tomar casi la longitud entera del tornillo [4].

Aunque el diseño óptimo del tornillo para cada tipo de material es diferente, es una práctica común usar tornillos de propósito general. Estos diseños representan un compromiso entre los diferentes materiales y se evita la necesidad de hacer frecuentes cambios de tornillo, asociados con los paros del equipo [4].

El avance de los polímeros a lo largo del cilindro conduce finalmente a la zona del dado. Antes de alcanzar el dado, la fusión pasa a través de una malla la cual es una serie de cribas de alambre soportadas por un plato rígido (llamado plato rompedor) que contiene pequeños agujeros axiales [4]. La malla funciona para:

- 1) filtrar contaminantes y terrones duros de la fusión,
- 2) acumular presión en la sección dosificadora y
- 3) enderezar el flujo del polímero fundido y borrar su memoria del movimiento circular impuesto por el tornillo.

Esta última función se relaciona con la propiedad viscoelástica de los polímeros; si el flujo no fuera enderezado hacia la izquierda, el polímero podría recuperar sus giros dentro de la cámara de extrusión, tendiendo a crecer y a distorsionar la extrusión.

Lo que hemos descrito hasta aquí es una máquina convencional de extrusión de tornillo *simple*. Es necesario mencionar los *extrusores de* tornillo doble porque estos ocupan un lugar importante en la industria. En estas máquinas, los tornillos son paralelos dentro del cilindro. Los extrusores de tornillos gemelos parecen

especialmente adaptados para el PVC rígido, un polímero difícil de extruir normalmente y para materiales que requieren un mayor mezclado [4].

1.2.2 PRODUCCIÓN DE LÁMINAS Y PELÍCULAS

Las láminas y películas termoplásticas se producen por numerosos procesos, los más importantes son los basados en el proceso de extrusión.

El término lámina u hojas se refiere a los materiales con un espesor entre 0.5 mm hasta cerca de 12.5 mm y se usan para productos tales como cristales planos de ventana y material para termoformado [4].

El término *película* se refiere a espesores por debajo de 0.5 mm. Se usan películas delgadas para material de empaque (envolturas, bolsas para abarrotos y bolsas de basura); las aplicaciones de películas más gruesas incluyen cubiertas y revestimientos, por ejemplo cubiertas para piscinas y revestimientos para canales de irrigación [4].

Todos estos procesos son continuos, son operaciones de alta producción. Más de la mitad de las películas producidas hoy en día se hacen de polietileno, en su mayoría de baja densidad. El polipropileno, el cloruro de polivinilo y la celulosa regenerada (celofán) son otros materiales ampliamente utilizados, todos ellos son polímeros termoplásticos [4].

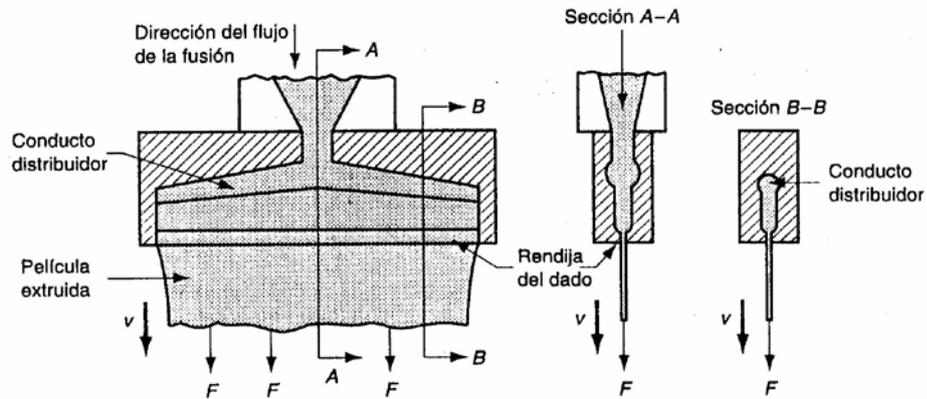
1.2.2.1 EXTRUSIÓN DE LÁMINA Y PELÍCULA CON DADO DE RENDIJA

Las láminas y las películas se producen en varios espesores mediante extrusión convencional, usando un dado cuya abertura tiene la forma de una rendija delgada. La rendija puede tener hasta 3 m de largo con un ancho cercano a 0.04 mm.

En la figura 1.4, se ilustra una configuración posible del dado. Éste incluye un conducto distribuidor que extiende la fusión de polímero lateralmente, antes de que fluya a través de la rendija (orificio delgado). Una dificultad del método de extrusión es la uniformidad del espesor a lo ancho del material. Esto se debe al cambio drástico de forma que experimenta la fusión de polímero durante su paso a través del dado y a las variaciones de la temperatura y de la presión en el dado. Generalmente, los

bordes de la película deben recortarse debido a que su espesor es más grande. Para ayudar a compensar estas Variaciones los dados incluyen labios ajustables (no mostrados en el diagrama) que permiten alterar el ancho de la rendija [4].

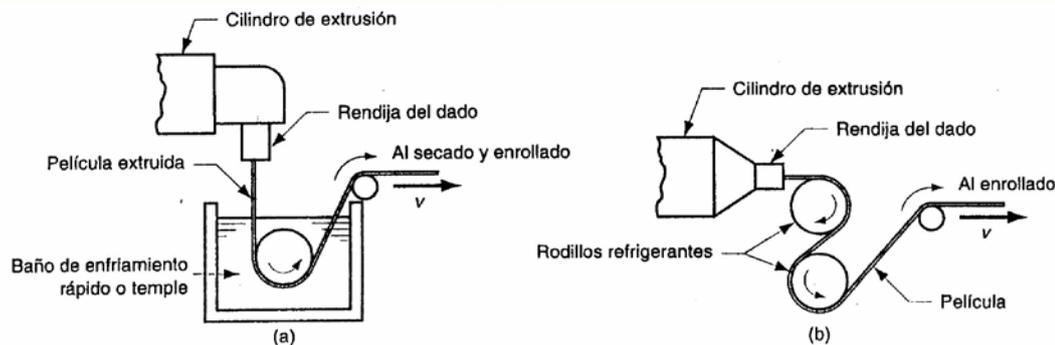
Figura 1.4: Configuración para la extrusión de láminas y películas.



Fuente: Mikell P. Groover. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos Y Sistemas.

Para alcanzar altas velocidades de producción es necesario incorporar al proceso de extrusión, métodos eficientes de enfriamiento y recolección de la película; esto se logra conduciendo inmediatamente la extrusión hacia un baño de temple con agua o sobre rodillos refrigerados como se muestra en la figura 1.5.

Figura 1.5: (a) Uso de baño de enfriamiento rápido o (b) rodillos refrigerantes para solidificar la película fundida después de la extrusión.



Fuente: Mikell P. Groover. Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos Y Sistemas.

El método de los rodillos refrigerados parece ser el más importante comercialmente. Las bajas temperaturas de los rodillos provocan el rápido enfriamiento y solidificación en la extrusión, de hecho, el extrusor sirve como un dispositivo de alimentación de los rodillos refrigerantes, pero éstos son los que realmente forman la

película. El proceso es notable por sus altas velocidades de producción de hasta 5 m/s. Además pueden lograrse estrechas tolerancias en el espesor de la película [4].

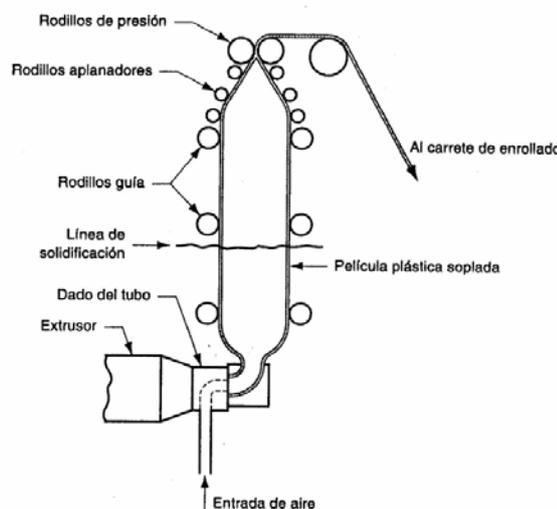
Debido al método de enfriamiento usado en este proceso se le conoce como *extrusión con rodillos refrigerantes* [4].

1.2.2.2 PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PELÍCULA SOPLADA

Éste es otro proceso ampliamente utilizado para hacer películas delgadas de polietileno para empaque. Su complejidad combina la extrusión y el soplado para producir un tubo de película delgada; (figura 1.6).

El proceso empieza con la extrusión de un tubo que se estira inmediatamente hacia arriba, y aún fundido, se expande simultáneamente su tamaño por inflado de aire través del mandril del dado. Una línea del nivel de penetración de una temperatura más baja ("*frost línea*") marca la posición donde ocurre la solidificación del polímero a lo largo de la burbuja que se mueve hacia arriba. La presión de aire dentro de la burbuja tiene que ser constante para mantener uniforme el espesor de la película y el diámetro del tubo. Los rodillos de presión, que aprietan otra vez el tubo antes de que haya enfriado, mantienen el aire dentro del tubo. Los rodillos guía y los rodillos de compresión se usan también para limitar el tubo soplado y dirigirlo hacia los rodillos de compresión. El tubo plano es entonces enrollado en un carrete final [4].

Figura 1.6: Proceso de soplado de película delgada tabular para alta producción.



Fuente: Fundamentos de Manufactura Moderna: Materiales, Procesos Y Sistemas. Mikell P. Groover

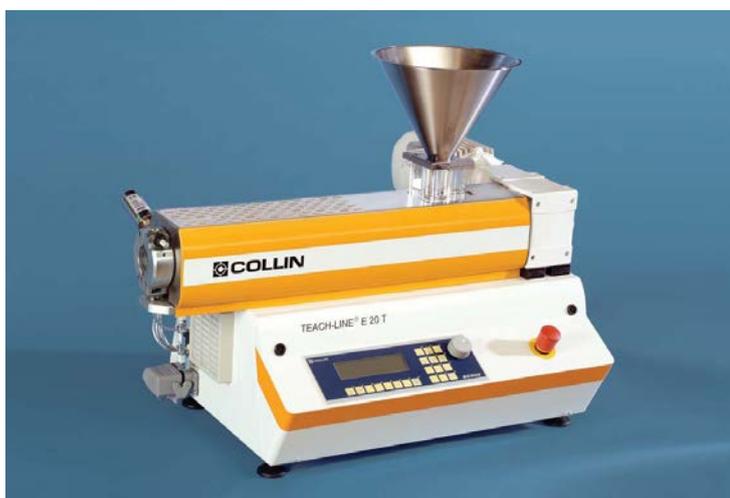
El efecto que produce el soplado con aire es estirar la película en ambas direcciones mientras se enfría. Como resultado, la película adquiere propiedades de resistencia isotrópica, esto representa una ventaja sobre otros procesos, en los cuales el material se estira principalmente en una sola dirección. La facilidad con que puede cambiarse la velocidad de extrusión y la presión de aire para controlar el ancho y el calibre del material, son otras ventajas del proceso. Comparándolo con la extrusión en dado de rendija, el método de película soplada produce películas más fuertes (por eso puede usarse una película más delgada para empacar un producto), pero el control del espesor y la velocidad de producción son bajas.

La película soplada final puede dejarse en forma tubular (por ejemplo para bolsas de basura) o pueden cortarse los bordes para suministrar dos películas delgadas paralelas [4].

1.2.3 DESCRIPCION GENERAL DE LA EXTRUSORA “E20 T”

CODIGO / IDENTIFICACION	MAQUINA, DISPOSITIVO Y/O EQUIPO
IM - 17 - 01	EXTRUSORA “E20 T”

Figura 1.7: Extrusora “E20 T”



Fuente: <http://www.drcollin.de>

La descripción de la máquina extrusora tiene traducciones de [5].

La extrusora está diseñada para trabajar sobre una mesa, esta es de mono-husillo y es el aparato básico para el plastificado continuo de polímeros, combina una gran variabilidad de técnicas de procesado con unos controles exactos y regulación de todos los parámetros, que permite un manejo óptimo.

Con una capacidad de producción de 50 a 3000 g/h, la extrusora de la serie TEACH-LINE® es la herramienta ideal para el aprendizaje y la formación técnica, pero también para las investigaciones al ensayar pequeñas cargas de material.

Control SCD: Un nuevo control por microprocesador permite la introducción exacta y extremadamente sencilla de todos los parámetros de ensayo.

1.2.3.1 DATOS TÉCNICOS

Tabla 1.3: Datos Técnicos Extrusora "E 20T"

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
Diámetro del Tornillo	mm	20
Longitud del Tornillo	L/D	25
Altura del centro (tornillo)	mm	355
Longitud	mm	850
Ancho (base de apoyo)	mm	480
Ancho	mm	615
Altura	mm	670
Volumen Tolva	dm ³	3.2
Peso aprox.	kg	100
Máxima Temperatura de Fusión	°C	300
Máxima Presión	Bar	400
Calefacción		
Potencia del calentador del cilindro	W	3 x 1,2
Brida de sujeción	W	400
Enfriamiento		
Consumo de Agua	ltr/min	3

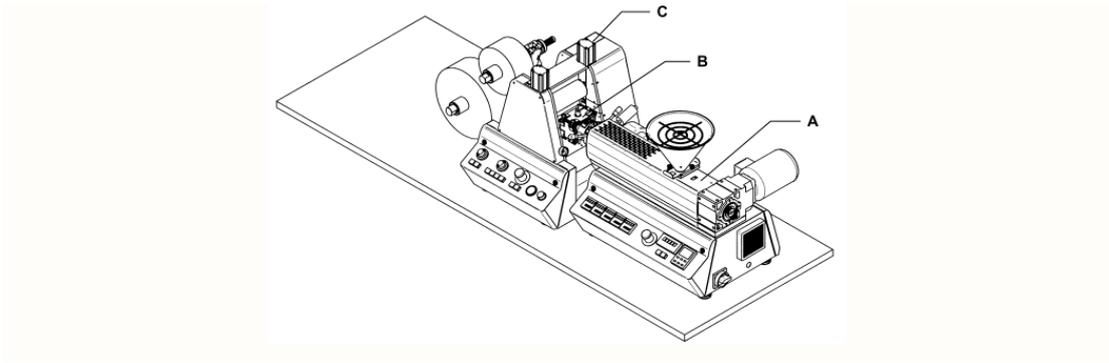
Fuente: Adaptado de Manual de Operación Extrusora "E20 T"

1.2.3.2 PROCESOS DE APLICACIÓN

- **Proceso de Película Plana**

Este proceso se encuentra formado por la máquina de extrusión (A), el dado de película plana (B) y los rodillos de enfriamiento (C).

Figura 1.8: Sistema de Laminado

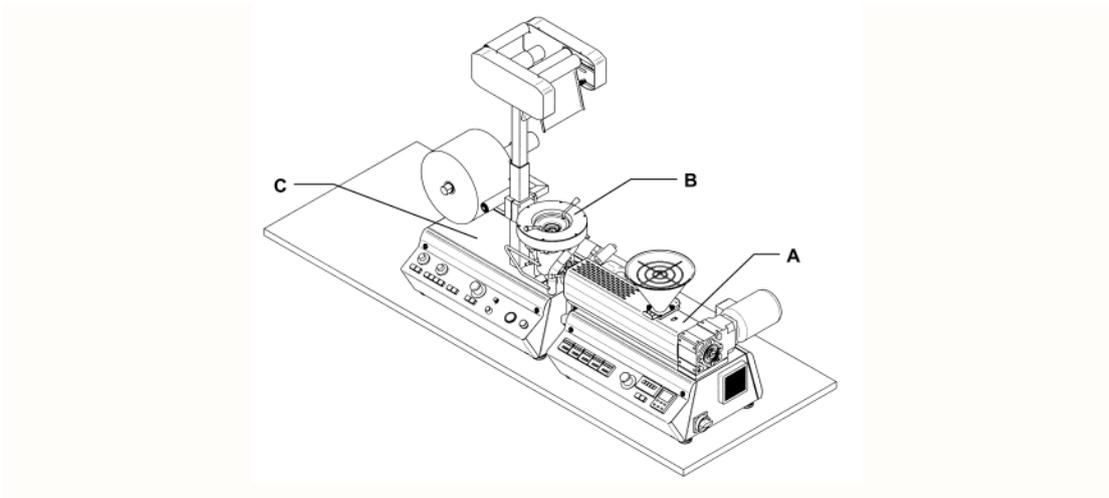


Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

- **Proceso de Película Soplada**

Este proceso se encuentra formado por la extrusora(A), el dado de película soplada (B) y la línea de soplado de película (C).

Figura 1.9: Sistema de Película Soplada

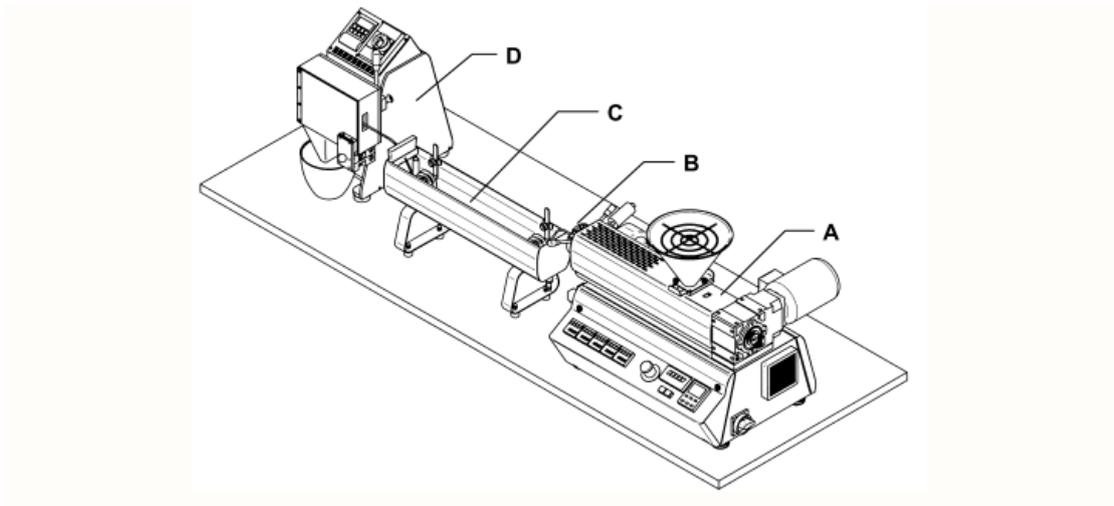


Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

- **Proceso de Pelletizado**

Este proceso consiste en la máquina de extrusión (A), el dado (B), el sistema de enfriamiento (C) y el pelletizador (D).

Figura 1.10: Sistema de Pelletizado

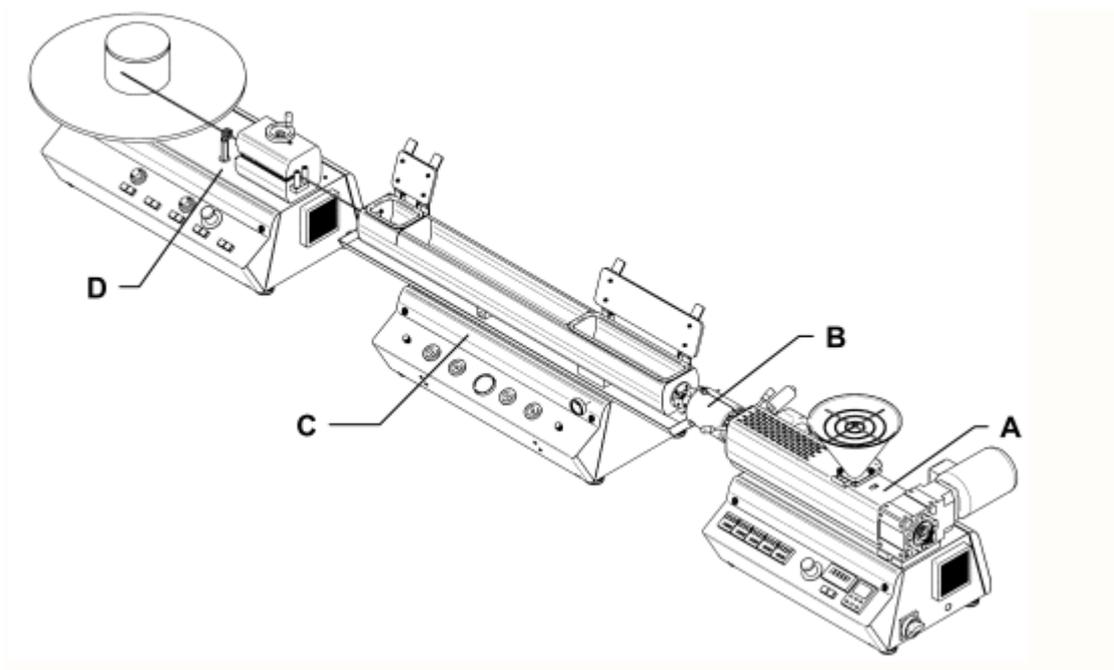


Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

- **Proceso de Tubería**

Este proceso consiste en la máquina de extrusión (A), el dado para tubos (B), la unidad de calibración (C) y el sistema de arrastre y bobinado (D).

Figura 1.11: Sistema de Tubería



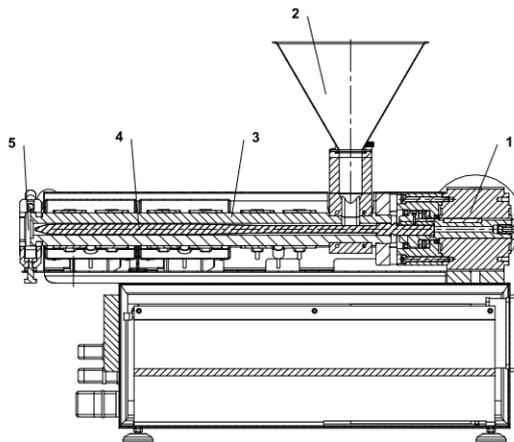
Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

1.2.3.3 FUNCIÓN PRINCIPAL

Los compuestos de plástico (como granulado o en polvo) se llenan en la extrusora a través de la tolva (2). Un tornillo (4) impulsado por una unidad de accionamiento (1) gira en un cilindro calentado fijo (3).

La presión, el calor y el movimiento hacen que la mezcla sea homogénea y que pueda fluir hacia fuera por la descarga (5). En esta posición, se pueden conectar diferentes matrices para conformar, ver figura 1.12.

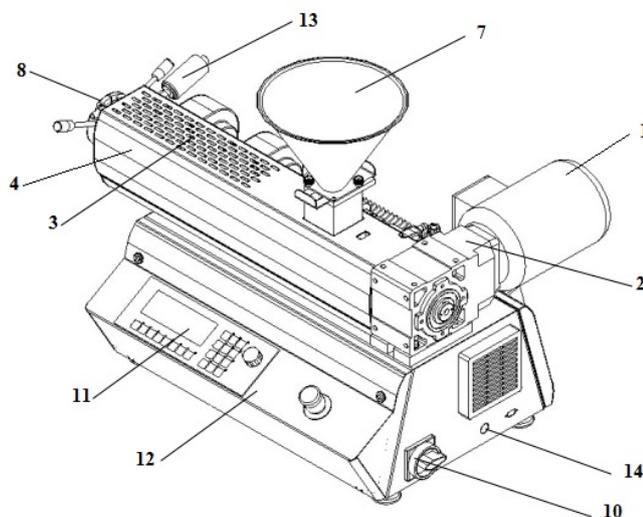
Figura 1.12: Función Principal



Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

1.2.3.4 PARTES DE LA EXTRUSORA

Figura 1.13: Partes Principales de la Extrusora



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Extrusora "E20 T"

Tabla 1.4: Partes Principales de la Extrusora

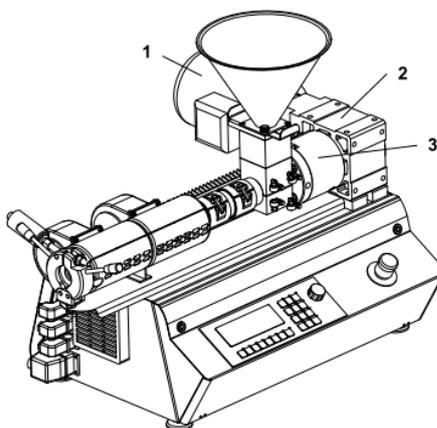
Pos.	Designación	Pos.	Designación
1	Unidad de accionamiento	8	Brida de Sujeción
2	Motor-reductor	9	Equipo Eléctrico
3	Unidad de procesamiento	10	Interruptor Principal
4	Cilindro	11	Panel de Operación
5	Tornillo (cubierto)	12	Armario de Distribución
6	Calefacción / Refrigeración (cubierto)	13	Sensor de Medición
7	Tolva	14	Conexiones Eléctricas

Fuente: El Autor

1) Unidad de Accionamiento

Como se muestra en la figura 1.14, consiste en el motor (1), caja de engranajes (2) y un cojinete de presión de retorno del tornillo (3), el cual absorbe las fuerzas axiales que se producen en el tornillo por la presión de fusión que puede ser hasta de 400 bar. Estas fuerzas axiales se alojan por un cojinete de presión de retorno situado en frente de la rueda dentada.

Figura 1.14: Unidad de Accionamiento



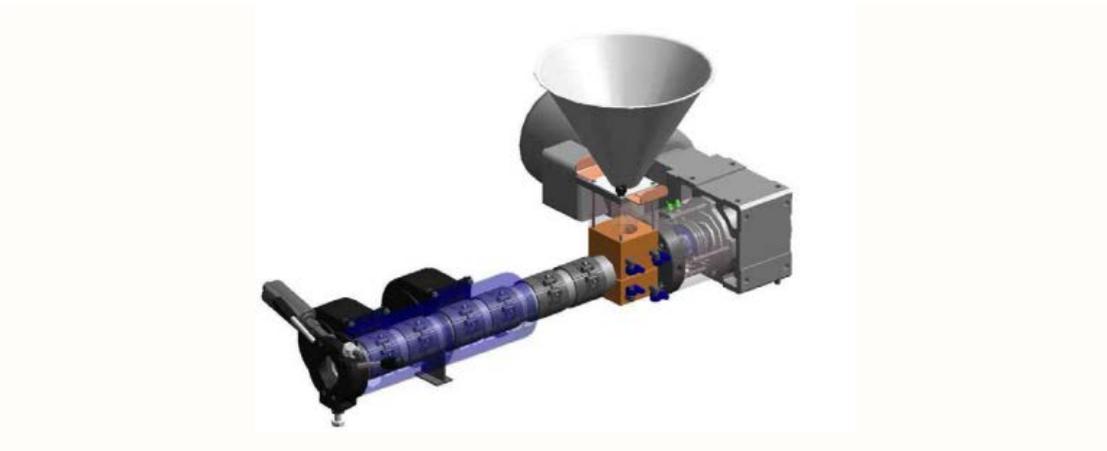
Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

2) Motor-Reductor

El engranaje del motor tiene una reducción constante. La velocidad de rotación del tornillo se controla mediante el controlador del motor.

3) Unidad de Procesamiento

Figura 1.15: Unidad de Procesamiento



Fuente: Manual de Operación Extrusora “E20 T”

La unidad de procesamiento tiene la tarea de preparar una masa viscosa de consistencia constante desde el gránulo hasta la extrusión. Además, es el soporte para la tolva de alimentación, la calefacción / refrigeración y la matriz.

La tolva se atornilla en el cilindro o en la camisa de refrigeración. Con un dispositivo en forma de puerta, el suministro de granulado se puede bloquear para el tornillo.

Las unidades de calefacción mantienen el cilindro a una temperatura constante, y si se producen temperaturas excesivas los ventiladores se encienden.

El agua de refrigeración ayuda a la protección de la sección de alimentación y también para garantiza un equilibrado de transporte.

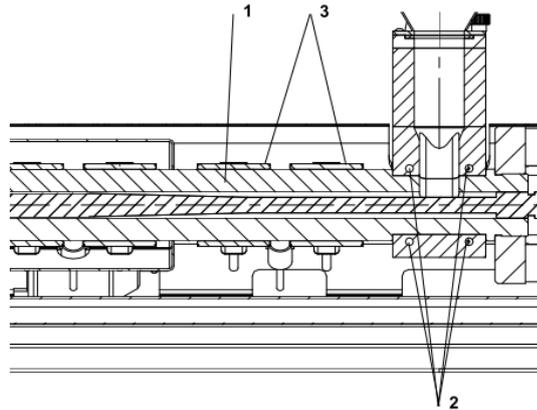
La brida de sujeción se monta en el extremo de la unidad de procesamiento (zona de expulsión).

4) Cilindro

El cilindro (1) se calienta mediante diferentes bandas de calefacción (3) en las zonas de calentamiento. Estas zonas de calentamiento se enfrían por ventiladores.

Además, tiene una zona de alimentación refrigerado por agua (2), que protege la zona de entrada con la tolva y también evita que se caliente demasiado el rodamiento que soporta la presión del tornillo, ver figura 1.16.

Figura 1.16: Cilindro



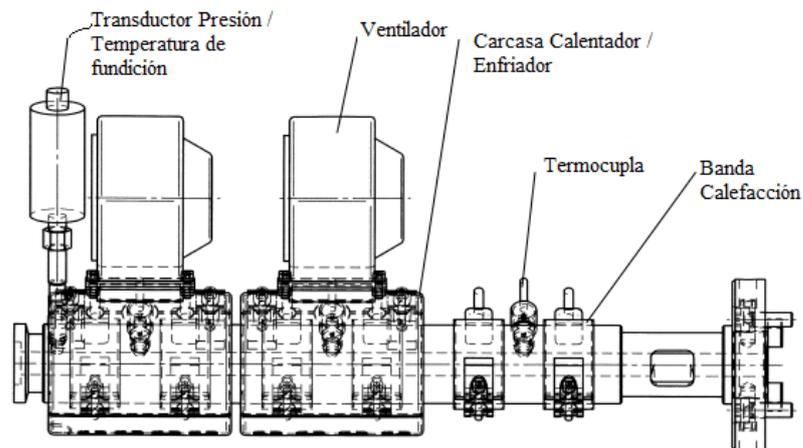
Fuente: Manual de Operación Extrusora “E20 T”

5) Tornillo

El material en forma de pellets se introduce por la tolva, el tornillo gira por medio de la unidad de accionamiento y por la fricción entre el tornillo y el cilindro el material se calienta y se le hace fluir a través del orificio del dado.

6) Calefacción / Refrigeración

Figura 1.17: Calefacción (sin cubierta)



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Extrusora “E20 T”

Los calefactores mantienen el cilindro a una temperatura de funcionamiento constante y los ventiladores se activan cuando se produce un exceso de temperatura.

7) Tolva

Figura 1.18: Tolva

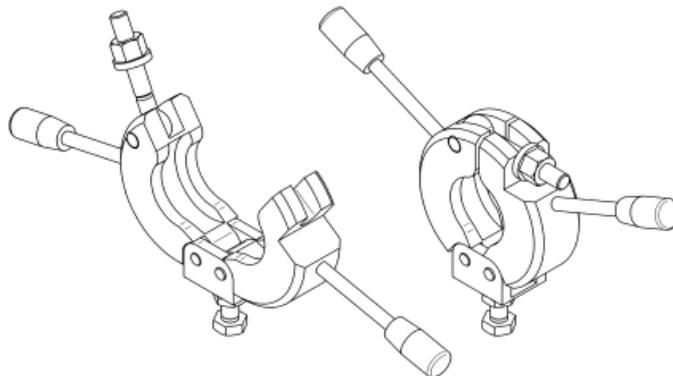


Fuente: Manual de Operación Extrusora “E20 T”

La tolva puede ser cerrada por una puerta deslizante.

8) Brida de Sujeción

Figura 1.19: Brida de Sujeción (Abierta y Cerrada)



Fuente: Manual de Operación Extrusora “E20 T”

La brida de sujeción de fácil manejo facilita el montaje seguro de los diferentes dados.

La placa del interruptor en la brida de sujeción acepta pantallas y anillos separadores.

9) Equipo Electrónico

10) Interruptor Principal

El interruptor principal enciende la extrusora.

11) Panel de Control

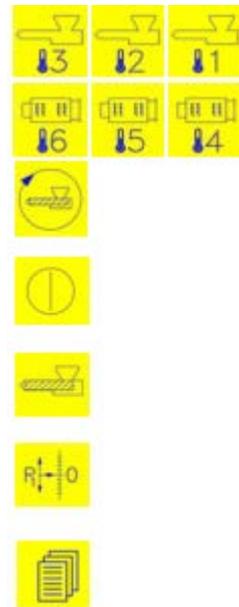
Figura 1.20: Panel de Control



Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

El panel de control contiene los siguientes elementos de mando y visualización:

- Selectores de ajuste de los valores establecidos para las zonas de calefacción y refrigeración: 3 para temperaturas del cilindro (Zonas 1-3) y 3 zonas para el dispositivo (Zonas 4-6)
- Selector de velocidad del tornillo.
- Botón de control.
- Botón de encendido del tornillo.
- Calibración P1.
- Botón de selección de páginas en la pantalla.



Otros botones como:

- Parada de emergencia.

- **Control de encendido / apagado**

El botón [Control]  se utiliza para activar y preparar el sistema de control de la máquina, también activa los dos mecanismos de calentamiento y enfriamiento. La luz de estado correspondiente indica que se encuentra activo. Pulsando la tecla [control]

 una vez más va a desactivar estas funciones. La luz de estado cuando parpadea, indica que la parada de emergencia se ha activado.

- **Botón de Encendido del Tornillo**

Cuando el botón control  está activo y las zonas de calentamiento seleccionados han alcanzado su temperatura, la unidad se puede activar pulsando el botón de encendido del tornillo . Al pulsar el botón  una vez más se apagará la unidad. La velocidad del tornillo se encuentra en el campo n1. Cuando el sistema está activado, cualquier cambio en el valor establecido para la velocidad del tornillo tiene un efecto inmediato.

Se puede encender el tornillo cuando las zonas de calentamiento han alcanzado las temperaturas establecidas o se encuentra dentro de los límites de tolerancia de aproximadamente -20 K a 30 K en relación con los valores de ajuste. La unidad sólo se puede activar si esta condición se ha cumplido. Si una zona transgrede el límite de la tolerancia, la unidad se apaga automáticamente.

Otra condición para poder encender el tornillo es que el transductor de presión en la punta del tornillo marque una presión superior a 500 bar (ajuste estándar).

- **Calibración del Canal de Presión**

Para una correcta calibración del transductor de presión existen importantes prerequisites como:

- Control encendido.
- todos los calentadores requeridos se cambian a temperatura de servicio.

Al pulsar el botón  [Calibración P1] durante 3 segundos entrará a modo de calibración. La luz de estado correspondiente muestra que la calibración está activada. Primero se coloca el valor de 0 %, luego el valor de 80 %. El proceso de calibración se completa cuando la luz de estado está apagada.

1.2.4 DESCRIPCION GENERAL DEL BLOWN FILM "BL 50 T"

CODIGO / IDENTIFICACION	MAQUINA, DISPOSITIVO Y/O EQUIPO
IM - 17 - 02	BLOWN FILM "BL 50 T"

Figura 1.21: Blown Film "BL 50T"



Fuente: Manual de Operación Blown Film "BL50 T"

La descripción de la máquina Blown Film "BL 50T" tiene traducciones de [6].

La línea de película soplada es compacta y fácil de utilizar, esta unidad se puede utilizar con todos los polímeros disponibles comercialmente.

Las características especiales son una altura ajustable de los rodillos de toma de fuerza (370 mm), una bobinadora y de un ventilador de refrigeración integrado en el bastidor de la máquina.

El armario de distribución contiene todas las unidades de controles eléctricos y neumáticos y elementos de mando.

1.2.4.1 DATOS TÉCNICOS

Tabla 1.5: Datos Técnicos Blown Film "BL 50T"

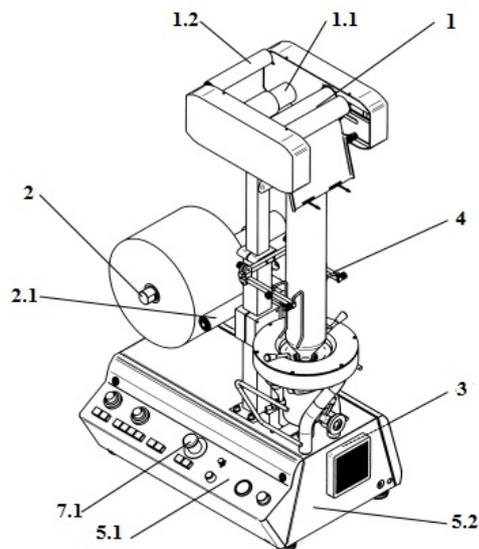
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
Diámetro de Rodillos de Fuerza	mm	50
Ancho de los Rodillos de Fuerza	mm	200
Max. Diámetro de Película Soplada	mm	110
Max. fuerza de tracción	N	270
Max. Velocidad de Arranque	m/min	13
<i>Bobinadora</i>		

Diámetro interno de la manga	mm	52 (2 ")
Max. Fuerza de Tracción	N]	95
Max. Diámetro de Bobinado	mm	300
Peso	kg	65
Dimensiones		
Longitud x Profundidad x Altura	mm	715 x 500 x 1280
Altura total	mm	910
Potencia nominal	kW	0,6
Conexión de enchufe de aire comprimido	-	Diámetro de la manguera de 6 mm
Requerimiento de aire comprimido	-	min. 4 bar/~ 4 dm ³ /h

Fuente: Adaptado de Manual de Operación Blown Film "BL50 T"

1.2.4.2 PARTES DEL BLOWN FILM

Figura 1.22: Partes de la Maquina



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Blown Film "BL50 T"

Tabla 1.6: Partes de Blown Film "BL50 T"

Pos.	Designación
1	<i>Toma del Film</i>
1.1	<i>Rodillo Guía de Film</i>
1.2	<i>Rodillos de Inversión - Guía</i>
2	<i>Bobinador</i>
2.1	<i>Rodillos de Inversión - Bobinador</i>
3	<i>Ventilador</i>
4	<i>Guía de Película Soplada</i>

5	<i>Equipo Eléctrico</i>
5.1	Panel de Operación
5.2	Armario de Distribución
6	Sistema Neumático
7	<i>Equipo de Seguridad</i>
7.1	Botón de Parada de Emergencia

Fuente: El Autor

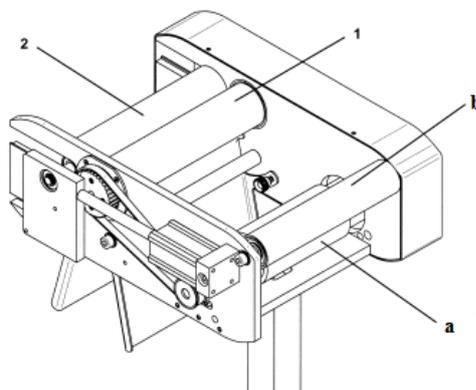
1) Toma del Film

La toma está montada sobre una columna y es ajustable en altura. La unidad de toma de fuerza consta de un rodillo de acero cromado (1) y un rodillo de caucho neumático ajustable (2), como se observa en la figura 1.22.

1.1) Rodillos de Arrastre de Film

Ambos rodillos son conducidos a través de los engranajes de un motor reductor DC.

Figura 1.23: Rodillos guía de Film



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Blown Film "BL 50 T"

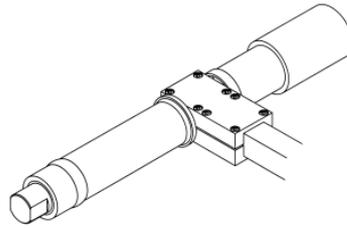
1.2) Rodillos de Inversión – Fuerza

Un rodillo de inversión (b), guía la película plana hacia abajo a los siguientes rodillos figura 1.23.

2) Bobinador

El dispositivo de bobinado está diseñado como un enrollador central. La bobinadora tiene un motor de corriente continua independiente, con momento de torsión controlado.

Figura 1.24: Bobinador



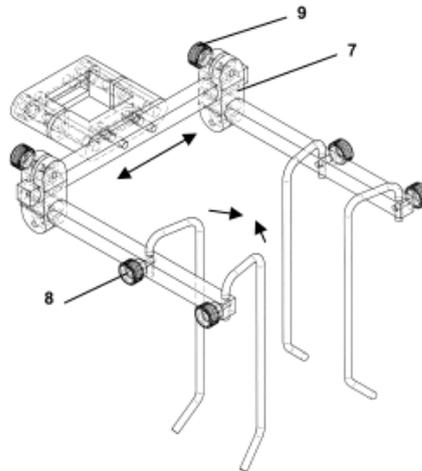
Fuente: Manual de Operación Blown Film “BL50 T”

4) Guía de la Película Soplada

La guía de película soplada se utiliza para guiar la película con precisión y puede estar centrada por medio de abrazaderas transversales (7) figura 1.25.

Aplicación: Para estabilizar el tubo cuando se utiliza principalmente material suave como LD-PE o LLD-PE.

Figura 1.25: Guía de Película Soplada



Fuente: Manual de Operación Blown Film “BL50 T”

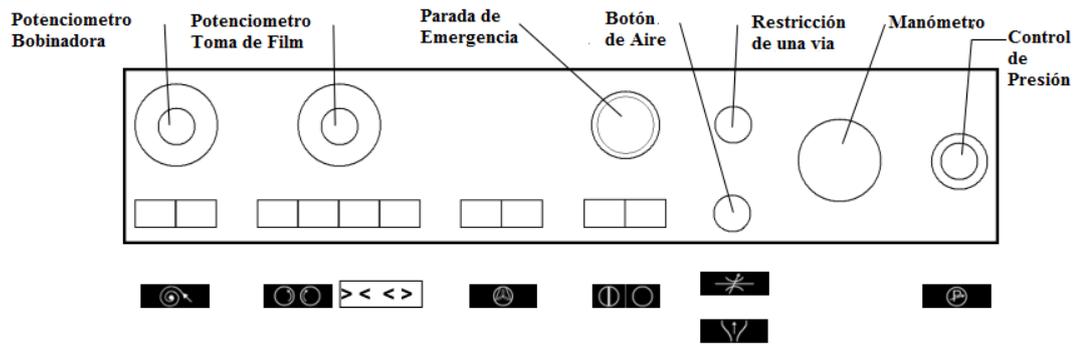
Después de soltar los tornillos moleteados (9), se puede ajustar el ancho de la guía de la película soplada.

Después de soltar el tornillo de cabeza moleteada (8), la guía de película soplada se puede establecer en el diámetro de la película soplada mediante el giro del cable de guía de la película soplada.

5) Equipo Eléctrico

5.1) Panel de Operación

Figura 1.26: Panel de Operación



Fuente: Adaptado Manual de Operación Blown Film "BL50 T"

Todos los elementos de mando y visualización se alojan en el panel de operaciones. Estos son:

- Control de Presión. 
- Manómetro. 
- Restricción de una vía. 
- Botón de presión de aire. 
- Botón rojo y verde (Control On – Off). 
- Botón de Parada de Emergencia. 
- Botón rojo y verde (Ventilador On – Off). 
- Pulsadores Amarillos (Abrir o Cerrar el Rodillo). 
- Botón rojo y verde (Rodillos On – Off)
- Potenciómetro de velocidad de Toma de Film.
- Botón rojo y verde (Bobinadora On – Off) 
- Potenciómetro de la Fuerza de Bobinado.

Descripción del funcionamiento y los elementos de la pantalla

El equipo se conecta por medio de un enchufe a la Extrusora “E 20T”. El cable de conexión está construido de tal manera que sirva de fuente de alimentación y en caso de parada de emergencia apague toda la línea.

Regulador de Presión , **Manómetro**

La presión se puede ajustar a través del regulador de presión y leer en el manómetro.

Restricción de una vía 

El aire de inflado se ajusta por el limitador de un sentido.

Botón 

Mediante el botón, el aire de inflado se abre y se cierra.

Pulsador 

El ventilador se enciende al pulsar un botón verde y a su vez se apaga de nuevo con el pulsador rojo [6].

Pulsador 

El rodillo de caucho se mueve hacia el rodillo de acero con el pulsador amarillo [> <]. La brecha se abre de nuevo con el pulsador amarillo [< >].

Pulsador 

La unidad para la toma de film se activa con sólo pulsar un botón verde. Esta unidad se apaga de nuevo con el pulsador rojo.

La velocidad de la toma de film se ajusta con el potenciómetro asociado.

Pulsador 

El impulso de la bobinadora se enciende con el pulsador verde. Esta unidad se apaga de nuevo con el pulsador rojo. La tensión en la bobinadora se ajusta con el potenciómetro asociado.

6) Sistema Neumático

El rodillo de caucho de 50 mm de diámetro se mueve hacia adelante por dos cilindros neumáticos con un diámetro de pistón de 25 mm.

La unidad neumática requerida para este propósito está instalada en el armario de distribución de la línea de soplado de película. Se compone de:

- 1 Regulador de Presión.
- 1 Válvula de Solenoide 5/2.
- 4 Restrictores Unidireccionales.

1.2.5 DESCRIPCION GENERAL DEL FLAT FILM "CR 72 T"

CODIGO / IDENTIFICACION	MAQUINA, DISPOSITIVO Y/O EQUIPO
IM - 17 - 03	FLAT FILM "CR 72 T"

Figura 1.27: Flat Film "CR 72T"



Fuente: Manual de Operación Flat Film "CR72 T"

La descripción de la máquina Flat Film "CR 72 T" tiene traducciones de [7].

La máquina de película plana, en su diseño contiene tres rodillos para ejercer presión sobre la película plana, con un rodillo central fijo, un rodillo alisador ajustable superior y un rodillo de enfriamiento inferior.

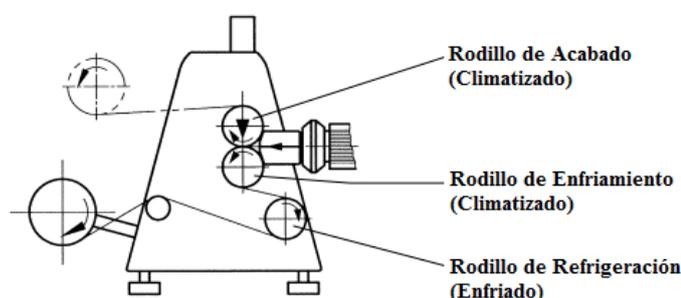
La máquina de película plana “CR 72 T”, se emplea universalmente para la fabricación de películas delgadas, pero también películas gruesas.

Con el dado en la posición de la figura 1.30 se puede tener los siguientes usos:

- Como un dispositivo de películas con un acabado de 30µm a 300 µm de espesor.
- Para la fabricación de películas de 250 µm a 2 µm de espesor.

En la figura 1.28 los rodillos superiores y medios están cerrados.

Figura 1.28: Flat Film “CR 72T”



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Flat Film “CR72 T”

1.2.5.1 DATOS TÉCNICOS

Tabla 1.7: Datos Técnicos Flat Film “CR72 T”

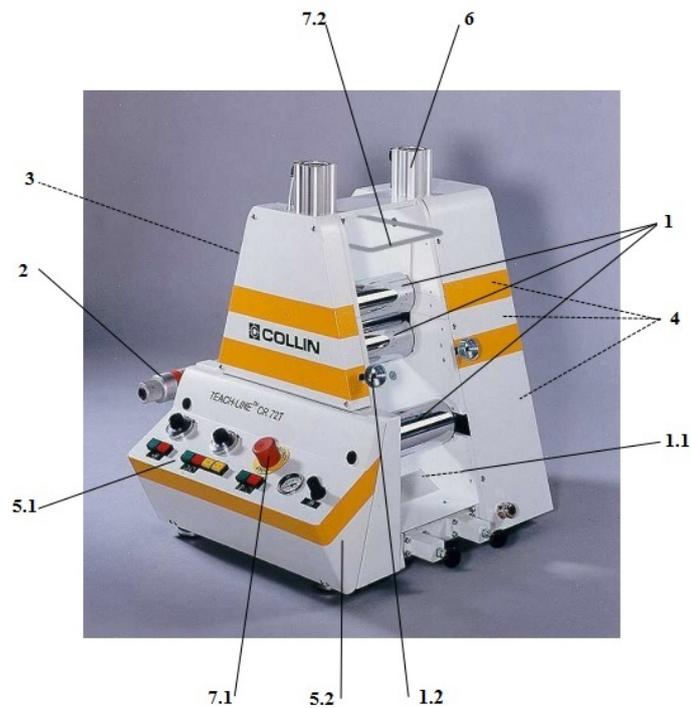
<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
Diámetro de Rodillos de Enfriamiento	mm	72
Ancho de los Rodillos de Enfriamiento	mm	190
Max. Ancho del Dado	mm	100
Max. Fuerza de tracción	N	260
Max. Velocidad de Arranque	m/min	14
Max. Temperatura del Rodillo	°C	90
<i>Bobinadora</i>		
Diámetro interno de la manga	mm	52 (2 ")
Max. Fuerza de Tracción	N]	95
Max. Diámetro de Bobinado	mm	300
Peso	kg	55

<i>Dimensiones</i>		
Longitud x Profundidad x Altura	mm	825 x 500 x 635
Potencia nominal	kW	0,6
Conexión de Agua Caliente (entrada/salida)	-	2 x 3/8" Rosca Interior
Consumo de Aproximado de Agua Caliente	dm ³ /h	~300
Conexión de Agua de Refrigeración (entrada/salida)	-	2 x 3/8" Rosca Interior
Consumo de Aproximado de Agua de Refrigeración	dm ³ /h	~300
Conexión de Enchufe para el Aire Comprimido	-	Diámetro de la manguera de 6 mm
Requerimiento de aire comprimido	-	Min. 4 Bar / ~2 dm ³ /h

Fuente: Adaptado de Manual de Operación Flat Film "CR72 T"

1.2.5.2 PARTES DEL LAMINADOR

Figura 1.29: Partes del Flat Film "CR 72T"



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Flat Film "CR72 T"

Tabla 1.8: Partes del Flat Film “CR 72T”

<i>Pos.</i>	<i>Designación</i>
1	<i>Grupo de Rodillos</i>
1.1	Motor
1.2	Ajuste entre Rodillos
2	<i>Bobinadora</i>
3	<i>Desbobinador (opcional)</i>
4	<i>Calefacción del Rodillo</i>
5	<i>Equipo Eléctrico</i>
5.1	Panel de Control
5.2	Armario de Distribución
6	Sistema Neumático
7	<i>Equipo de Seguridad</i>
7.1	Botón de Parada de Emergencia
7.2	Basculante de Parada de Emergencia

Fuente: El Autor

1) Grupo de Rodillo (Rodillo Frio)

El componente principal de la Laminadora es el grupo de rodillos adecuado para una posición de la boquilla del extrusor.

El grupo de rodillos se compone de tres rodillos dispuestos de compensación que se calientan o se enfrían dependiendo de la aplicación.

Los rodillos están diseñados con paredes dobles para calefacción o enfriamiento uniforme. Un dispositivo de temperatura externa se tiene que conectar para cumplir esta función.

En la figura 1.30 se puede observar que el rodillo superior se puede cerrar neumáticamente con dos cilindros (43). La fuerza de presión se ajusta a través de un controlador de presión y permite una fuerza lineal de aprox. 20 - 80 N/cm.

1.1) Motor

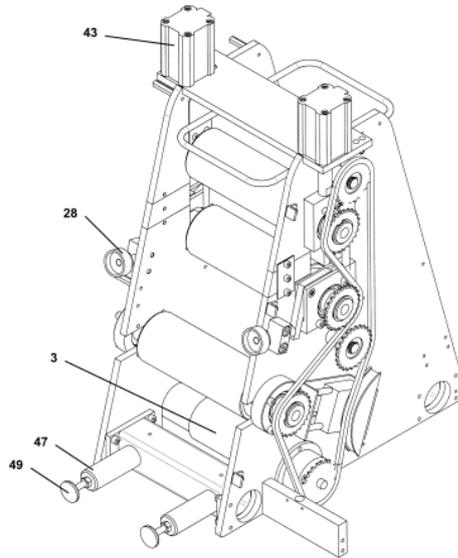
Los rodillos son impulsados por un motor DC (3) controlable a través de la transmisión de la cadena.

1.2) Ajuste entre Rodillos

La distancia entre los rodillos se ajusta usando los tornillos moleteados (28), ver figura 1.30.

Dos tubos con pies ajustables (47, 49) mantienen la distancia a la extrusora.

Figura 1.30: Despiece Flat Film "CR 72T"



Fuente: Manual de Operación Flat Film "CR72 T"

2) Bobinadora

El dispositivo de bobinado está diseñado como un enrollador central. La bobinadora tiene un motor DC independiente con momento de torsión controlado.

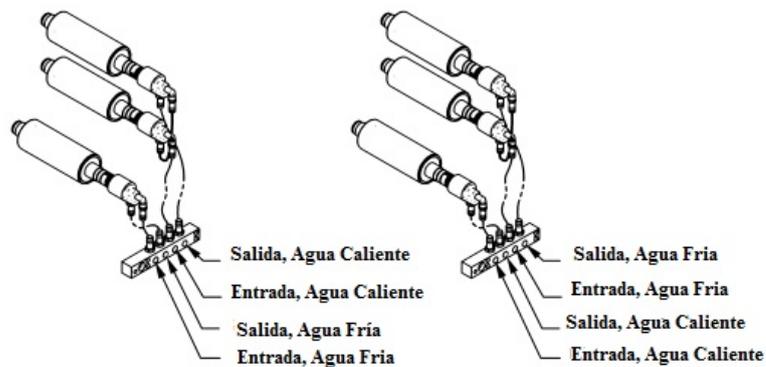
4) Calefacción de Rodillos

Para la calefacción de los rodillos, se tiene que utilizar un dispositivo con el cual se pueda subir o bajar la temperatura del agua.

Figura 1.31: Configuración de Calefacción

Proceso: Pulido

Proceso: Laminado



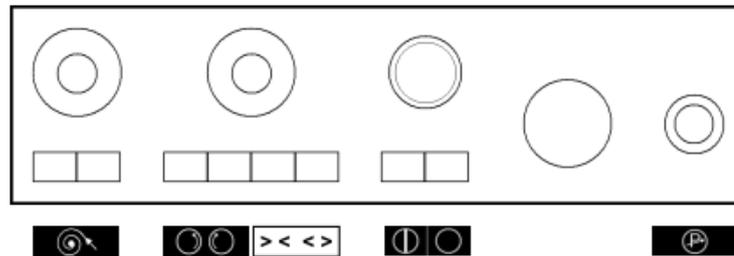
Fuente: Manual de Operación Flat Film "CR72 T"

En la figura 1.31 se puede observar la configuración de la calefacción dependiendo del proceso que se vaya a realizar.

5) Equipo Eléctrico

5.1) Panel de Control

Figura 1.32: Panel de Control



Fuente: Manual de Operación Flat Film “CR72 T”

Todos los elementos de mando y visualización se alojan en el panel de operaciones.

Estos son:

- Control de Presión



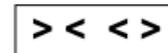
- Manómetro

- Botón rojo y verde (Control On – Off)



- Botón de Parada de Emergencia

- Pulsadores Amarillos (Abrir o Cerrar el Rodillo)



- Botón rojo y verde (Rodillos On – Off)



- Potenciómetro de velocidad del motor

- Botón rojo y verde (Bobinadora On – Off)



- Potenciómetro de la Fuerza de Bobinado

Descripción del funcionamiento y los elementos de la pantalla

El equipo se conecta por medio de un enchufe a la Extrusora “E 20T”. El cable de conexión está construido de tal manera que sirva de fuente de alimentación y en caso de parada de emergencia apague toda la línea.

- **Regulador de Presión**  , **Manómetro**

La presión se puede ajustar a través del regulador de presión y leer en el manómetro.

- **Botón** 

El rodillo de enfriamiento se activa con el pulsador verde, es decir, está listo para su funcionamiento y a continuación, todas las demás funciones se pueden activar. El rodillo de enfriamiento se apaga de nuevo con el pulsador rojo.

- **Pulsador** 

El rodillo superior se mueve hacia el rodillo medio con el botón amarillo [$> <$] y queda en la posición ajustada con los tornillos moleteados. La brecha se abre de nuevo con el pulsador amarillo [$< >$]. Cuando falla la tensión, los rodillos se abren bajo la acción del aire comprimido conectado.

- **Pulsador** 

La unidad para el rodillo de enfriamiento se activa con sólo pulsar un botón verde. Esta unidad se apaga con el pulsador rojo.

La velocidad del rodillo de enfriamiento se ajusta con el potenciómetro asociado.

- **Pulsador** 

La bobinadora se enciende con el pulsador verde.

Esta unidad se apaga de nuevo con el pulsador rojo.

La tensión en la bobinadora se ajusta con el potenciómetro asociado.

6) Sistema Neumático

El accionamiento del rodillo superior, diámetro 72 mm, se produce a través de dos cilindros neumáticos con 40 mm de diámetro del pistón. El controlador de presión requerido para esto se encuentra en la parte delantera de la consola de operaciones.

El filtro de aire con trampa se encuentra en el lado de conexión detrás de la cubierta de la unidad.

La presión se puede ajustar a través del regulador de presión y leer en el manómetro en el panel de operaciones.

1.2.6 DESCRIPCION GENERAL DEL PELLETIZADOR “CSG 171T”

CODIGO / IDENTIFICACION	MAQUINA, DISPOSITIVO Y/O EQUIPO
IM - 17 - 04	PELLETIZADOR “CSG 171T”

Figura 1.33: Pelletizador “CSG 171T”



Fuente: Manual de Operación Pelletizador

La descripción del Pelletizador “CSG 171T” tiene traducciones de [8].

El pelletizador sirve para el corte de los filamentos de plástico en gránulos (pellets).

Con el Pelletizador tipo CSG “171 T” se puede obtener pellets de materiales compuestos, esta se compone de la unidad de granulación con un par de extracción en rollos, la unidad de guía, una cuchilla estacionaria y la cuchilla giratoria. El accionamiento es proporcionado por un motor trifásico de frecuencia regulada para la velocidad de accionamiento de hasta 20 m/min.

La extracción y el proceso de corte se pueden ver fácilmente a través de un panel frontal de plexiglás.

En caso de que la puerta frontal transparente sea abierta, dos interruptores de seguridad apagan la unidad inmediatamente. El sistema de control está configurado de manera que el extrusor o mezclador también se detengan inmediatamente.

1.2.6.1 DATOS TÉCNICOS

Tabla 1.9: Datos Técnicos Pelletizador “CGS 171T”

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
General		
Fuerza de Corte	N	210
Longitud de los Pellets	mm	190
Número de Hebras	mm	100
Diámetro Máximo de Hebras	mm	260
Max. Velocidad de Arranque	m/min	14
Dimensiones de la Pelletizadora		
Longitud x Ancho x Altura	mm	485 x 290 x 537
Peso aproximado	kg	50

Fuente: Manual de Operación Pelletizador “CGS 171T”

1.2.6.2 FUNCIÓN PRINCIPAL

El pelletizador sirve para el corte de los filamentos de plástico en gránulos o también llamados pellets.

El pelletizador es adecuado para la granulación de pequeños lotes de 0,1 a 5 kg/h.

Para que comience a pelletizar, la hebra de plástico se inserta por la tolva del pelletizador en el cual por medio de una rueda de arrastre guía a la hebra hacia una fresa de corte.

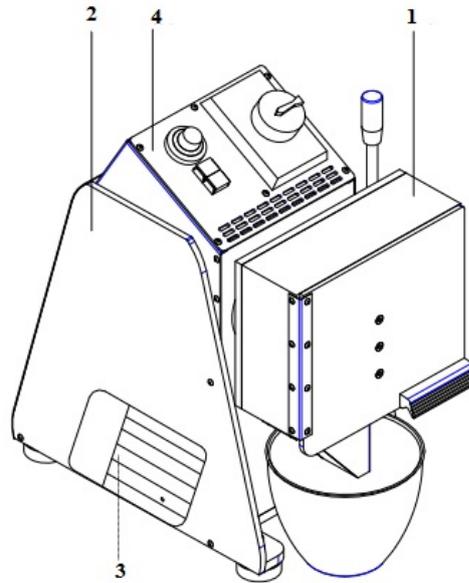
El dispositivo CSG 171 T se utiliza para pelletizar filamentos redondos de casi todos los polímeros [8].

Las características especiales son:

- Fácil control del proceso de corte
- Alta potencia de corte, incluso a baja velocidad de corte
- Alto nivel de seguridad
- Ajuste preciso de la ranura de corte
- Funcionamiento extremadamente silencioso

1.2.6.3 PARTES DEL PELLETIZADOR

Figura 1.34: Partes de la Maquina



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Pelletizador “CGS 171T”

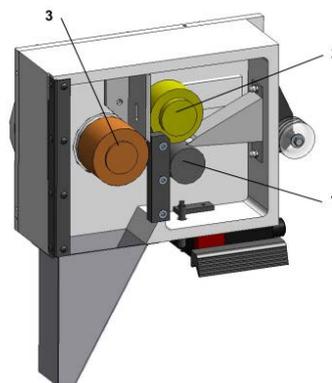
Tabla 1.10: Partes de la Maquina

<i>Pos.</i>	<i>Designación</i>
1	Unidad de Pelletización
2	Soporte de mesa
3	Unidad de fuerza
4	Equipo Eléctrico

Fuente: El Autor

1) Unidad de Pelletización

Figura 1.35: Unidad de Pelletización



Fuente: Manual de Operación Pelletizador “CGS 171T”

En la figura 1.35 se puede observar la unidad de pelletización que está equipada con un par de rodillos de alimentación. El rodillo inferior (1) es dentado y el rodillo superior (2) de goma. Los resortes proporcionan la compresión necesaria del rodillo. Además, se proporciona una guía de cadena, una contra-cuchilla estacionaria y una fresa giratoria (3).

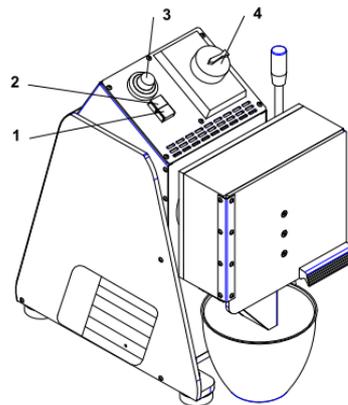
3) Unidad de Fuerza

La fresa cortadora se acciona por el motor de accionamiento a través de una correa en V acanalada. Los rodillos de alimentación son conducidos a través de unas ruedas dentadas de manera que se obtiene una longitud constante de pellets de 2,5 mm.

4) Equipo Eléctrico

En la figura 1.36 se observa los elementos de mando:

Figura 1.36: Elementos de Mando



Fuente: Manual de Operación Pelletizador "CGS 171T"

Tabla 1.11: Elementos de Mando

Pos.	Descripción
1	Pulsar el botón (Habilitar apertura de la puerta)
2	Pulsador ON / OFF del motor
3	Potenciómetro de motor / elevación de la velocidad
4	Interruptor Principal

Fuente: El Autor

1.2.7 DESCRIPCION GENERAL DEL WATER BATH "WB 850 T"

CODIGO / IDENTIFICACION	MAQUINA, DISPOSITIVO Y/O EQUIPO
IM - 17 - 05	WATER BATH "WB 850 T"

Figura 1.37: Water Bath "WB 850 T"



Fuente: Manual de Operación Water Bath "WB 850T"

La descripción del Water Bath "WB 850 T" tiene traducciones de [9].

El Baño de Agua consiste en una bandeja de acero inoxidable, es de 850 mm de largo y tiene una anchura máxima de 130 mm y altura de 140 mm.

El Baño de Agua tiene un volumen de alrededor de 11 litros, que es excelente para la refrigeración de los filamentos y está equipado con agua de entrada, de salida y de desbordamiento. El flujo de agua óptimo se ajusta a una válvula de admisión, instalado en la entrada de agua.

Para ajustar la longitud ideal del hilo en el agua, se debe ajustar los rodillos en altura y ángulo.

El tanque de agua tiene dos soportes y almohadillas de goma, regulable en altura y se puede ubicar en cualquier mesa. La altura total de 300 mm por encima de la mesa es ideal cuando la línea central de extrusión es más de 300 mm.

1.2.7.1 DATOS TÉCNICOS

Tabla 1.12: Datos Técnicos Water Bath “WB 850T”

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
<i>Dimensiones</i>		
Longitud x Ancho x Altura	mm	850 x 220 x 270
Peso aproximado	kg	10.5
<i>Rodillo Guía</i>		
Número de Rodillos	-	2
Numero de Ranuras	-	3
<i>Agua de Refrigeración</i>		
Conexión de Agua de Refrigeración	-	Conector de manguera Ø 10 mm
Consumo de Agua de Refrigeración	dm ³ /h	15
Volumen de Agua de Refrigeración	dm ³ /h	11.5

Fuente: Adaptado de Manual de Operación Water Bath “WB 850T”

1.2.7.2 FUNCIÓN PRINCIPAL

El baño de agua sirve para la refrigeración de los filamentos de plástico.

El baño de agua es adecuado para el procesamiento de plásticos compuestos de moldeo en la escala de laboratorio.

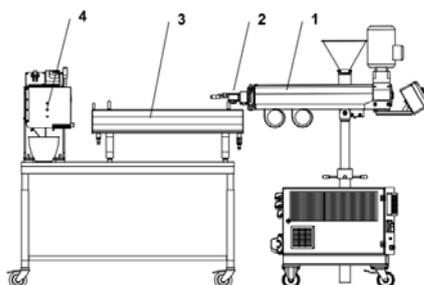
Está destinada a los siguientes campos de aplicación:

- Investigación y desarrollo en el campo de los plásticos y aditivos plásticos
- Control de calidad en el área de recepción de stock y producción
- La producción piloto
- La producción de series pequeñas.
- Formación / prácticas en las universidades técnicas y centros de formación profesional para la formación de los procesos de moldeo de plástico.

Para entender mejor la función del baño de agua a continuación se explica el procedimiento de trabajo:

Como se observa en la figura 1.38, la masa fundida de plástico homogénea se procesa en la máquina de extrusión (1) y lo lleva a la matriz (2).

Figura 1.38: Trabajo Principal



Fuente: Manual de Operación Water Bath “WB 850T”

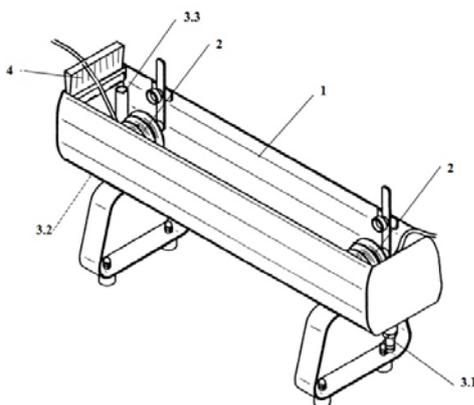
La matriz forma una hebra tubo / manguera y lo guía para el baño de agua (3). El polímero tubo / manguera o cadena polimérica es guiado a través del baño de agua por unos rodillos de guía giratorio con ranuras.

El polímero tubo / manguera o filamento del polímero es guiado hacia fuera del depósito de agua y, posiblemente, se pasan a una máquina siguiente (por ejemplo, Pelletizador; (4).

1.2.7.3 PARTES DEL WATER BATH

El baño de agua se compone de las siguientes partes:

Figura 1.39: Partes de la Maquina



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Water Bath “WB 850T”

Tabla 1.13: Partes de la Maquina

Pos.	Designación
1	Contenedor de Agua
2 - 4.2	Rodillo guía
3	Conexiones de Agua
3.1	Entrada de Agua
3.2	Salida de Agua

3.3	Drenaje de Agua
4	Cepillo

Fuente: El Autor

1) Contenedor de Agua

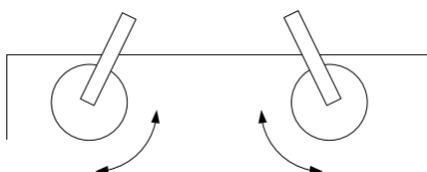
El nivel de agua tiene que ser más alto que el tubo / manguera o hebra.

El contenedor incluye un tubo de drenaje por desbordamiento, las conexiones para el agua de entrada/salida y los rodillos guías (Fig. 1.39).

2) Rodillos Guía

Los rodillos orientan el tubo o la manguera. Los rodillos están fijados en el contenedor de agua por medio de tornillos moleteados para guiar el producto (Fig. 1.40).

Figura 1.40: Rodillos Guía



Fuente: Manual de Operación Water Bath “WB 850T”

La altura se puede variar mediante el giro de los rodillos guía.

3) Conexiones de Agua

El baño de agua cuenta con 3 conexiones.

3.1) Entrada de Agua

En la entrada el agua de refrigeración ingresa en el contenedor.

El flujo de agua óptimo se ajusta con una válvula de control, instalado en la entrada de agua (Fig. 1.39).

3.2) Salida de Agua

Para la evacuación del contenedor, el tubo de desbordamiento puede ser retirado (Fig. 1.39).

3.3) Drenaje de Agua

El drenaje se realiza por medio del tubo de desbordamiento (Fig. 1.39).

4) Cepillo

Un cepillo de extracción se inserta en la placa perforada para separar el agua de las hebras de plástico (Fig. 1.39).

1.2.8 DESCRIPCION GENERAL DEL VACUUM "VKT 1000 T"

CODIGO / IDENTIFICACION	MAQUINA, DISPOSITIVO Y/O EQUIPO
IM - 17 - 007	VACUUM "VKT 1000 T"

Figura 1.41: Vacuum "VKT 1000 T"



Fuente: <http://www.drcollin.de>

La descripción del Vacuum "VKT 1000 T" tiene traducciones de [10].

La unidad de Calibración y Enfriamiento "VKT 1000 T" es un sistema modular que posibilita la construcción de una línea completa de tubos, usando unidades de sobremesa. En la Extrusora "E20 T", se pueden montar diferentes boquillas, las cuales alimentan la unidad de Calibración - Refrigeración. La regulación del vacío y del flujo de agua posibilita el proceso para un amplio rango de materiales, diámetros y velocidades.

Este sistema funciona o se complementa con la unidad de Arrastre de Correa y Unidad de Bobinado "BAW 130 T" + "WR 650 T" que la describiremos más adelante.

1.2.8.1 DATOS TÉCNICOS

Tabla 1.14: Datos Técnicos Vacuum "VKT 1000T"

Descripción	Unidad	Valor
Tanque de Vacío:		
Longitud x Ancho	mm	400 x 135
Máxima Longitud	mm	85
Máximo Volumen	L	3.8
Max. Capacidad de Aspiración de la Bomba de Vacío	m ³ /h	0.2

Capacidad de Conexión de la Bomba de Vacío	W	400
<i>Tanque de Enfriamiento</i>		
Longitud x Ancho	mm	650 x 135
Máxima Longitud	mm	85
Máximo Volumen	L	6.5
Max. Capacidad de Aspiración de la Bomba de Vacío	m ³ /h	0.6
Capacidad de Conexión de la Bomba de Vacío	W	30
<i>Dimensiones Generales</i>		
Longitud x Ancho x Altura	mm	1500 x 500 x 480
Peso	kg	65
<i>Conexión</i>		
Conexión de Agua de Refrigeración (entrada)	-	½” Rosca Interior
Suministro de agua de Refrigeración	dm ³ /h	~ 150
Conexión de Agua de Refrigeración (salida)	-	1” Rosca Interior
<i>Enchufe de Conexión para el Aire Comprimido</i>		
Enchufe de Conexión para el Aire Comprimido	-	Manguera de Ø 6 mm
Demanda de Aire Comprimido	-	Min. 4 bar / ~ 200 dm ³ /h

Fuente: Adaptado de Manual de Operación Vacuum "VKT 1000T"

1.2.8.2 FUNCIÓN PRINCIPAL

El dispositivo Vacuum “VKT 1000 T” de Calibración - Refrigeración para los tubos, se compone de:

- “**Vacío**”, tanque de enfriamiento y soplado con cubiertas móviles con anillos de estanqueidad de caucho. Un conjunto de discos de calibración o bujes con O-Ring y dados para cada diámetro de tubo / barra.
- Hay una válvula de ventilación, un manómetro de presión y una válvula de regulación de vacío situado en el tanque de vacío.
- El grupo de tanques se puede mover horizontalmente, la regulación de distancia es de aproximadamente de 300 mm.
- En el bastidor está incorporado:
La bomba de vacío, la bomba de circulación de agua, el tanque de recirculación de agua, así como una unidad de distribución de agua con indicador de temperatura y válvulas de ajuste.

- El control eléctrico también se incorpora con el disco de la bobinadora en el bastidor inferior de la cinta de descarga.

- **Descripción del Proceso**

Cuando se producen tubos, se utiliza la calibración de vacío. Allí, en un primer tanque de vacío (VT), se forma el tubo de plástico y es pre-enfriado mientras que en un segundo tanque de refrigeración (KT), se efectúa el enfriamiento final del tubo.

- El inserto de calibración (B) se incorpora en el tanque de vacío.

Durante la operación, los siguientes parámetros se deben tener en cuenta:

- Underdraft entre el dado y la calibración.

La reducción del diámetro entre el diámetro de la matriz y la calibración del diámetro del tubo es de 15 - 50%.

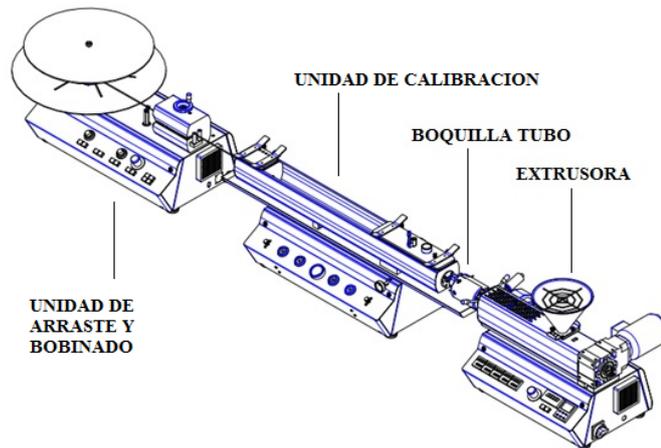
- 15 - 25% en grandes diámetros de tubo y altas viscosidades (PVC),
- 20 - 50% en materiales de baja viscosidad y pequeños tubos.

La distancia entre el dado y la calibración debe ser variable entre 15 a 150 mm. La distancia depende de underdraft y la velocidad. Inicialmente, se elige una distancia grande.

- **Pre-enfriamiento**

Un anillo separado se monta en la entrada de calibración que guía el agua de refrigeración y de lubricación en el tubo inmediatamente antes de que el tubo de plástico entre en el sistema de calibración. Allí, la cantidad de agua debe ser ajustada con precisión, por medio de la válvula (V2). Para PE y PP, se debe ajustar solo pequeñas cantidades de agua, para el PVC no es tan sensible. Junto con el tubo, la mayor parte del agua se retira en la calibración debido al vacío. El pequeño excedente fluye de nuevo hacia el tanque a través del tubo de circulación de agua (R) [9]. A continuación en la figura 1.42 se muestra la línea completa de tubos:

Figura 1.42: Línea Completa para Tubos



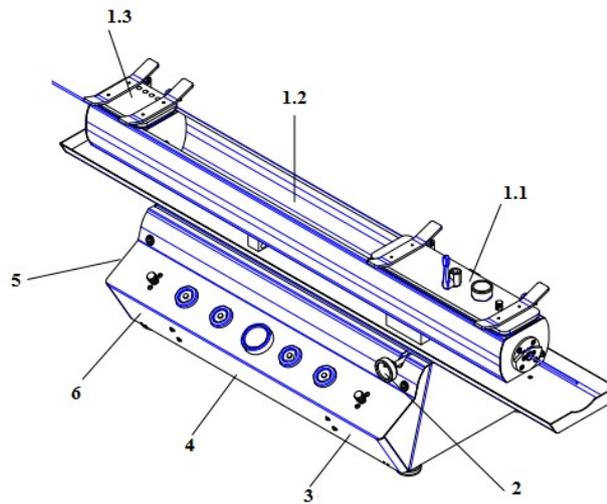
Fuente: Adaptado de Manual de Operación Vacuum "VKT 1000 T"

La línea de tubos puede ser utilizada con las siguientes dimensiones de tubo y materiales.

- **Dimensiones:** Diámetro del Tubo 2 - 6 mm.
- **Materiales:** Todos los polímeros comerciales de calidad PE, PP, PVC, etc.

1.2.8.3 PARTES DE LA MAQUINA

Figura 1.43: Partes de Vacuum "VKT 1000 T"



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Vacuum "VKT 1000T"

Tabla 1.15: Partes de la Máquina "VKT 1000 T"

Pos.	Designación
1	Grupo Depósito
1.1	Tanque de Vacío
1.2	Tanque de Refrigeración

1.3	Tanque de Soplado
2	Unidad de Desplazamiento (mango giratorio)
3	Sistema de Refrigeración y de tuberías (en el bastidor inferior)
4	Bastidor Inferior
5	Suministro eléctrico - Cinta de Descarga de Conexión
6	Neumático (en el bastidor inferior)

Fuente: El Autor

1) Grupo Deposito

El grupo de tanques consiste en el vacío, el tanque de enfriamiento y de soplado, el tubo de recirculación de agua y el tanque de recirculación de agua.

1.1) Tanque de Vacío

El tanque de vacío tiene una presión absoluta de 0,5 a 0,8 bar. El nivel del agua debe ser de aprox. 10 - 20 mm más alta que el tubo para permitir un enfriamiento completo y constante. En la figura 1.44 se puede observar que el agua entra en el tanque por debajo de (e_3) y es soplado-off de la bomba de vacío (VAK) a través de un tubo de succión (R_2). La presión negativa se puede ajustar mediante una válvula de regulación de vacío (s). Es necesario de una válvula para la ventilación del tanque (b). El manómetro de presión (m) indica la presión absoluta [10].

En el tanque de vacío, se instala el soporte del disco de calibración (B) con el disco o casquillo de calibración.

1.2) Tanque de Refrigeración

El tanque de enfriamiento también se llena hasta arriba del tubo. Sin embargo, en el desbordamiento, el agua fluye directamente en el tubo de recirculación de agua. Para el sellado, la reducción de un disco se monta en la dirección de marcha en la entrada y la salida [10].

1.3) Tanque de Soplado

Al final del tanque de soplado, un dado de expulsión está instalado que seca el agua de enfriamiento del tubo.

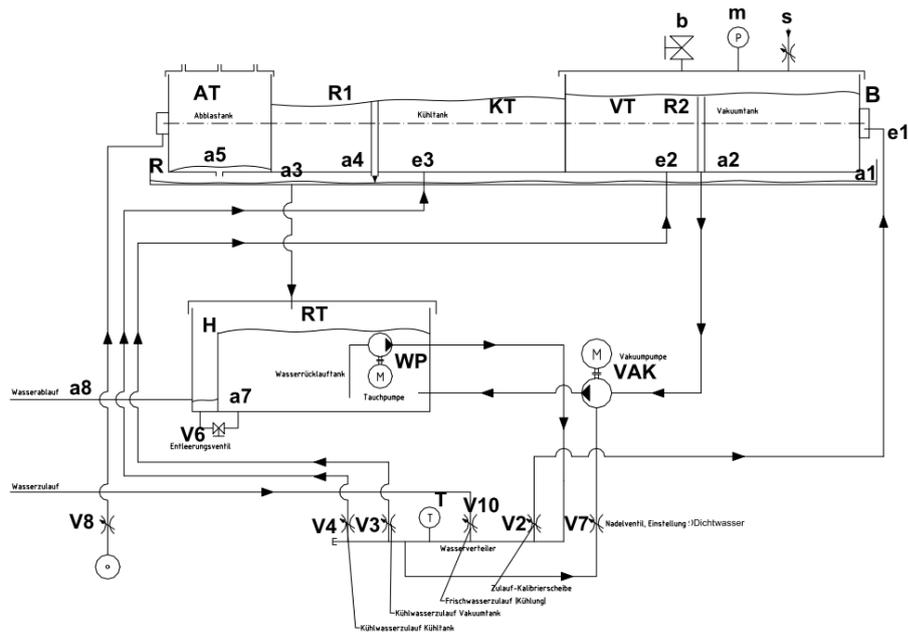
Las secciones de los moldes de soplado se adaptan a las dimensiones del tubo a través de diversas inserciones. Los orificios de evacuación de aire están situados en la tapa del depósito que sirve como protección contra salpicaduras.

2) Unidad de Desplazamiento

Los tanques se pueden deslizar a lo largo de una cremallera de engranaje en el bastidor con un piñón de husillo. Esto permite que la distancia deseada a la matriz pueda ser ajustada.

3) Sistema de Refrigeración y de Tuberías

Figura 1.44: Sistema de Refrigeración y Tuberías



Fuente: Manual de Operación Vacuum "VKT 1000T"

VT Tanque de Vacío	m Manómetro de Presión
KT Tanque de Refrigeración	b Válvula de Ventilación (válvula de bola)
AT Tanque de Soplado	B Inserción de calibración
RT Tanque de Recirculación de Agua	a Salida de Agua
H Desbordamiento	e Entrada de Agua
WP Bomba de Circulación de Agua	V Válvula / Válvula bola
VAK Bomba de vacío	T Termómetro
s Válvula de Regulación de Vacío	R Tubo de Recirculación de Agua

3.1) Función de cada Elemento de Mando

Figura 1.45: Tablero de Control "VKT 1000 T"



Fuente: Manual de Operación Vacuum "VKT 1000T"

- **V8 Válvula de aguja:** Regulación de la cantidad de purga.
- **V4 Válvula:** Cantidad de entrada al tanque de enfriamiento.
- **V3 Válvula:** Cantidad de entrada al tanque de vacío
- **T Termómetro:** Temperatura del agua de refrigeración en el distribuidor de agua.
- **V10 Válvula:** La cantidad de suministro de agua potable.
- **V2 Válvula:** Cantidad de suministro de agua en el disco de calibración.
- **V7 Válvula de aguja:** La regulación del agua de sellado al vacío de la bomba.
- **e1: Entrada de agua de refrigeración para la calibración: (Pre-enfriamiento):** Solamente muy pequeñas cantidades de agua es necesaria. Con la ayuda de la válvula (V2) la corriente de agua puede ser muy bien ajustado.
- **e2: Entrada de agua de refrigeración para el tanque de vacío:** El agua de refrigeración siempre debe ser de aprox. 1-5 litros/min. Esto se obtiene cuando el grifo de agua (V3) sólo se activa aprox. 1 a 2 vueltas.
- **e3: Entrada de agua de refrigeración al tanque de enfriamiento:** El agua de refrigeración siempre debe ser de aprox. 1-5 litros/min. Esto se obtiene cuando el grifo de agua (V4) sólo se activa aprox. 1 a 2 vueltas.
- **a1, a4, a5, a3: Salida de agua de refrigeración:** (a1), (a4), (a5) para el flujo libre en el tubo de circulación de agua y luego a través de (a3) en el tanque.
- **a2: Salida de la bomba de vacío:** El derrame de agua (a2) es al mismo tiempo la boquilla de succión de vacío (R2).

- **a7: Vaciado del depósito de recirculación de agua:** Válvula de bola abierta (V6).
- **a8:** Salida de agua
- **s: Válvula de regulación de vacío:** La válvula de regulación de vacío sirve para regular la depresión en el depósito de vacío de forma extremadamente precisa.
- **m: Manómetro de presión:** Indicación de la depresión en el tanque de vacío.
- **b: Válvula de aireación:** Con la apertura de la válvula de bola, el aire entra en el tanque. Esto es necesario si la tapa del depósito se ha de abrir, pero todavía existe vacío en el tanque o para llegar a un vacío de baja a alta la capacidad de la bomba de vacío.
- **H: Borde del depósito de desbordamiento de recirculación de agua:** Debido a la entrada de agua fresca continua, el agua se eleva hasta que se ejecuta por el borde de rebose.
- **B: Inserción de calibración:** El titular de la calibración se coloca en el comienzo del tanque de vacío y se suministra con agua por separado. Las cantidades están reguladas por medio de  una válvula (V2).
- **T: Termómetro:** Este termómetro se sumerge en el agua de refrigeración en la distribución de agua e indica la temperatura real. La temperatura del agua en los tanques sólo se reduce mediante la adición de agua de enfriamiento. Por otra parte, la válvula (V10) se ajusta a aprox. 2-5 litros/min. Esto se obtiene cuando el grifo de agua (V10) se gira aprox. 1 a 2 vueltas.
- **V2: Válvula de disco de calibración:** Abrir la válvula (V2)  para ajustar la cantidad de flujo de entrada de agua. No abra las válvulas demasiado, ya que de lo contrario el agua de salida puede salpicar por encima.
- **V7: Válvula de aguja para el agua de sellado de la bomba de vacío:** La bomba de vacío es una bomba de anillo de agua que sólo aspira el aire si el impulsor de la bomba se sella con agua contra el alojamiento. Debido a que la cantidad de agua aspirada desde el depósito de vacío puede variar y por lo tanto el vacío también podría variar, sellado de agua está dirigido

deliberadamente a la carcasa de la bomba. La cantidad se puede ajustar mediante la válvula de aguja (V7) .

- **V10: Suministro de agua de refrigeración:** La válvula (V10)  regula el suministro de, agua de refrigeración fría y, al hacerlo, se regula la temperatura.
- **VAK: Bomba de vacío:** Esta bomba de vacío es una bomba de anillo de agua que requiere un flujo continuo de agua de 2-4 litros/min cuando está en funcionamiento.
- **WP: Bomba de circulación de agua:** La bomba de circulación de agua está diseñado como una bomba de pozo húmedo y que está montado en el tanque de recirculación de agua. El agua de refrigeración se bombea continuamente en los tanques a través del distribuidor de agua. Una parte del agua fluye a la calibración.

4) Bastidor Inferior

El vacío, el enfriamiento y el tanque de soplado se atornillan hacia abajo con el tubo de circulación de agua y montadas con columnas de guía sobre el bastidor inferior. Las bombas con depósito de recirculación de agua y válvulas están integradas en el bastidor inferior.

5) Suministro Eléctrico - Cinta de Descarga de Conexión

La fuente de alimentación para la calibración y las bombas de la unidad de refrigeración se proporciona por medio de enchufes de la unidad de Arrastre de Correa y Unidad de Bobinado "BAW 130 T" + "WR 650 T"

La calibración y las bombas de la unidad de refrigeración están conectadas a la toma de corriente de 230V. La bomba de circulación de agua está conectada a la pequeña toma de 24V.

Si se activa un botón de parada de emergencia, la bomba de circulación de agua y la bomba de vacío también se detendrá debido a la relación de parada de emergencia de la Extrusora "E 20 T" y la unidad "BAW 130 T".

6) Neumático (En el Bastidor Inferior)

La válvula de aguja (V8)  para ajustar la cantidad de aire de soplado del dado está situada en el extremo izquierdo del panel de control.

1.2.9 DESCRIPCION GENERAL DE "BAW 130 T" + "WR 650 T"

CODIGO / IDENTIFICACION	MAQUINA, DISPOSITIVO Y/O EQUIPO
IM - 17 - 07	"BAW 130 T" + "WR 650 T"

Figura 1.46: Maquinas "BAW 130 T" + "WR 650 T"



Fuente: Manual de Operación "BAW 130 T" + "WR 650 T"

La descripción del equipo de Arrastre y Bobinado "BAW 130 T" + "WR 650 T" tiene traducciones de [11].

La banda de arrastre tira constantemente el producto extruido (tubo, cadena) a través del dispositivo de Calibración y Enfriamiento "VKT 1000 T".

Las dos bandas arrastran al tubo. Por lo tanto, la adhesividad necesaria está garantizada para el arrastre constantemente del producto sin deslizarse. Un doble dispositivo de tensión conduce a ambas bandas de arrastre. La banda inferior se ajusta con una rueda de mano a través de un eje. La banda superior no se mueve, es fija.

El disco enrollador, envuelve el producto (tubo, cadena) en un límite de resistencia a la tracción.

La unidad de alineación, asegura de que el producto esté alineado de manera uniforme en el carrete.

1.2.9.1 DATOS TÉCNICOS

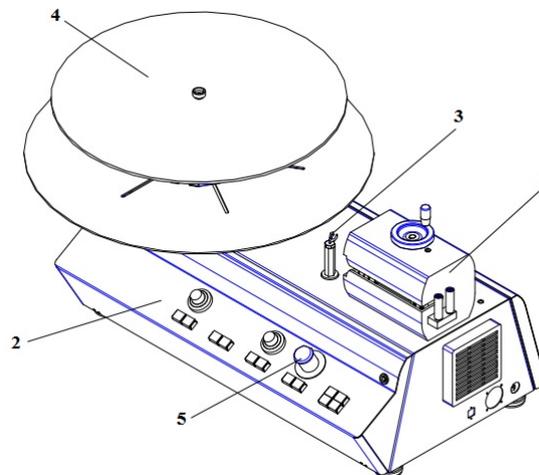
Tabla 1.16: Datos Técnicos "BAW 130 T" + "WR 650 T"

<i>Descripción</i>	<i>Unidad</i>	<i>Valor</i>
Cinta de Arrastre		
Contacto Longitud de la Correa de Arrastre	mm	130
Ancho de Banda de Arrastre	mm	25
Max. Resistencia a la Tracción	N	14
Max. Velocidad de Arrastre	m/min	18
Potencia de Accionamiento	W	100
Disco Enrollador		
Min./Max. Carrete - Ø interior	mm	200 / 500
Max. Carrete - Ø exterior	mm	650
Max. Altura del Carrete	mm	120
Max. Resistencia a la Tracción	N	30
Unidad de Poder Bobinadora	W	47
<i>Dimensiones</i>		
Longitud x Ancho x Altura	mm	1100 x 650 x 480
Peso	kg	55

Fuente: Adaptado de Manual de Operación "BAW 130 T" + "WR 650 T"

1.2.9.2 PARTES DE LA MAQUINA

Figura 1.47: Partes de la Máquina "BAW 130 T" + "WR 650 T"



Fuente: Adaptado de Manual de Operación "BAW 130 T" + "WR 650 T"

Tabla 1.17: Partes de la Maquina "BAW 130 T" + "WR 650 T"

Pos.	Designación
1	Unidad de Arrastre
2	Subcabinas de Control
3	Unidad de Alineamiento
4	Disco Enrollador
5	Instalaciones de Seguridad

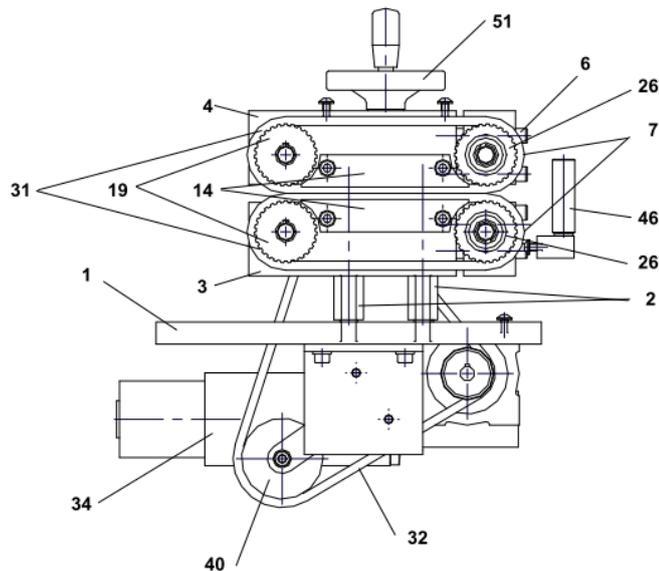
Fuente: El Autor

1) Unidad de Arrastre

En la figura 1.48 se observa dos tubos de guía (2) están montados en una placa base (1) en la subcabinas de control. El portador de cinta superior (4) está fijado de forma permanente a los tubos de guía, mientras que el portador de cinta inferior (3) se puede ajustar en altura.

La cinta superior e inferior (31) son impulsados juntos a través de un dispositivo de tensión de la correa doble (32) por un motor de CC con un engranaje de tornillo sin fin (34) que está montado en la subcabinas de control. El cinturón se tensa por un cuadro de tensión (40) y acciona los rodillos (19) para que las correas comiencen su funcionamiento. La fuerza de presión disminuye con cada guía de la correa (14).

Figura 1.48: Unidad de Arrastre



Fuente: Manual de Operación "BAW 130 T" + "WR 650 T"

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 1. Placa Base | 26. Disco Dentado Pasivo |
| 2. Tubos de Guía | 31. Correa Superior/Inferior |
| 3. Portador de la Correa Inferior | 32. Banda de Tensión |
| 4. Portador de la Correa Superior | 34. Motor DC con Engranaje Helicoidal |
| 6. Guía | 40. Caja de Tensión |
| 7. Tornillo de Regulación | 46. Guía de Material |
| 19. Rodillos de Accionamiento | 51. Volante |
| 14. Guías de la Correa | |

Correa de Tensado: Los discos dentados pasivos (26) se mueven a lo largo de los tornillos de regulación (7) y guiados por cada uno de los dos pasadores de guía (6). Los cinturones se tensaron apretando los tornillos de regulación (7).

Ajuste de la Brecha: El ajuste de las correas para el diámetro del tubo o filamento, así como el ajuste de la presión de enchufe entre la correa superior e inferior se lleva a cabo por un husillo de ajuste mecánico por medio de la rueda de mano (51).

Distancia del Centro: Las patas de la máquina sobre la subcabinas de control se ajustan para regular la altura media de la unidad de arrastre.

2) Subcabinas de Control

- **Panel de Control**

Figura 1.49: Panel de Control "BAW 130 T" + "WR 650 T"

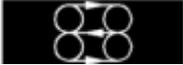


Fuente: Manual de Operación "BAW 130 T" + "WR 650 T"

Todos los elementos de control están incluidos en el panel de control.

Esto también incluye los elementos de control eléctrico de la calibración y la unidad de refrigeración.

A continuación se describe cada elemento de control:

- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Bomba de Circulación de Agua. 
- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Bomba de Vacío. 
- Botón verde/rojo
Control Encendido, Control Apagado. 
- Botón de Parada de Emergencia.
- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Correa de Arrastre. 
- Potenciómetro
Regulador de la Velocidad de la Correa de Arrastre.
- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Unidad de Alineamiento. 
- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Disco Enrollador. 
- Potenciómetro.
Regulador de Tensión de Tracción del Disco Enrollador.

Descripción individual del control y elementos de visualización

- **Interruptor Principal**

El enchufe especial que se conecta en la Extrusora “E 20T”, funciona como el interruptor principal de la unidad de arrastre y del disco enrollador. El cable de conexión está construido de manera que tanto la fuente de alimentación y el enlace de parada de emergencia se puede efectuar.

La bomba de vacío para la unidad de calibración y refrigeración está conectada a la toma de corriente 230V. La bomba de circulación de agua para la unidad de calibración y refrigeración está conectado a la pequeña caja de enchufe 24V.

- **Botón** 

La correa de arrastre con el disco enrollador se enciende mediante el botón verde, es decir que está listo para funcionar. Después de esto, todas las demás funciones se pueden activar. El cinturón de despegue con el disco enrollador se apaga con el botón rojo.

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para activar la bomba de circulación de agua para la calibración y la unidad de refrigeración. El botón rojo se utiliza para desconectar la bomba de circulación de agua para la calibración y la unidad de refrigeración.

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para activar la bomba de vacío para la calibración y la unidad de refrigeración. El botón rojo se utiliza para desactivar la bomba de vacío.

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para conectar la unidad de la correa arrastre. El botón rojo se utiliza para desactivar la unidad de nuevo.

La velocidad de la correa arrastre se ajusta mediante el potenciómetro asociado.

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para conectar la unidad lineal para el dispositivo de alineación. El botón rojo se utiliza para apagar la unidad.

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para encender la unidad para el disco enrollador. El botón rojo se utiliza para apagar la unidad.

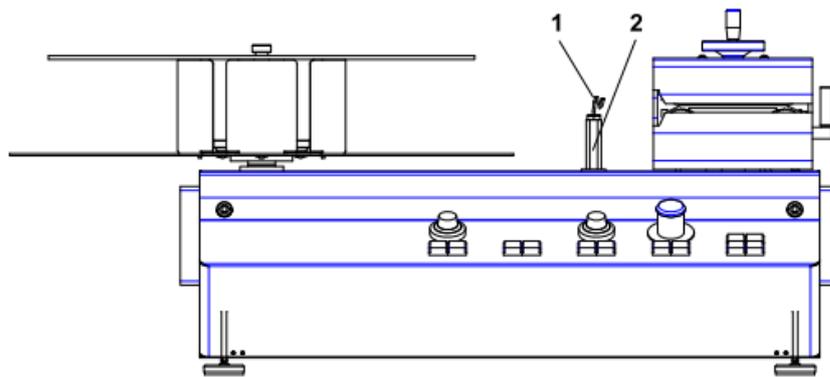
El esfuerzo de tracción de disco enrollador se ajusta utilizando el potenciómetro asociado.

3) Unidad de Alineamiento

El dispositivo de alineación está montado entre la correa de arrastre y el disco enrollador, con el fin de mantener un bobinado uniforme.

El tubo/hebra se enhebra a través del circuito de guía (1) en el extremo de la unidad lineal (2) del dispositivo de alineación. El tubo/hebra distribuye uniformemente sobre el núcleo del disco enrollador como consecuencia de la subida y la caída continua del bucle (ver figura 1.50).

Figura 1.50: Unidad de Alineamiento



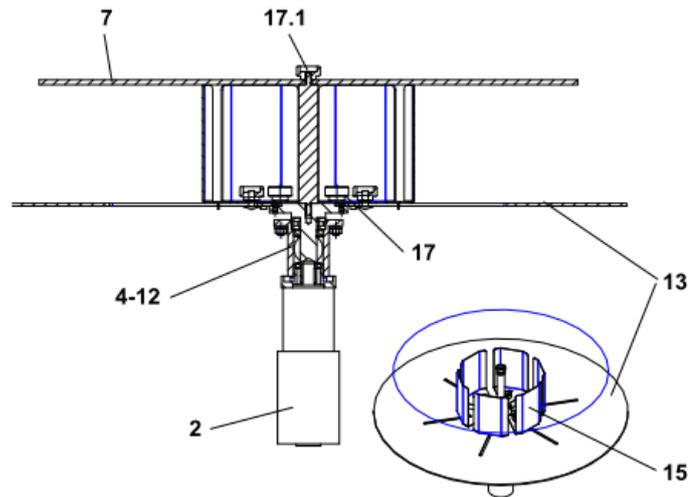
Fuente: Manual de Operación "BAW 130 T" + "WR 650 T"

1. Guía de bucle.
2. Accionamiento lineal.

4) Disco Enrollador

El disco enrollador es accionado por un motor de corriente continua con engranajes planetarios (2) que está integrado en la subcabineta de control. El eje de enrollamiento tiene rodamientos de bolas radiales y axiales (4-12). El disco enrollador (13) está colocado horizontalmente. Su diámetro del núcleo puede estar adaptado para el radio de curvatura mínimo de los tubos / hebra a bobinar cambiando el ángulo de núcleo de bobinado (15), ver figura 1.51.

Figura 1.51: Disco Enrollador



Fuente: Manual de Operación "BAW 130 T" + "WR 650 T"

5) Instalaciones de Seguridad

La correa de arrastre con el disco enrollador tiene un interruptor de parada de emergencia en el panel de control.

La activación del interruptor de parada de emergencia desconecta la tensión de control inmediatamente. Para reanudar la tensión de control se debe activar de nuevo.

Las demás funciones se deben iniciar de nuevo en la secuencia deseada.

CAPITULO II

ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS TÉCNICOS Y DE INFRAESTRUCTURA

2.1 INTRODUCCION

En el presente capitulo, se detallara aspectos importantes para la adecuación del espacio físico, tanto sus requerimientos técnicos y de infraestructura, para un óptimo funcionamiento de cada uno de los equipos adquiridos por la UPS, para el Laboratorio de Transformación de Polímeros.

2.2 ESTUDIO Y ANÁLISIS DEL ÁREA DEL LABORATORIO DE TRANSFORMACION DE POLÍMEROS

Para el estudio y análisis de la ubicación de los equipos en el área designada para el laboratorio es necesario realizar un listado de los requerimientos de cada equipo (Tabla 2.1).

Tabla 2.1: Requerimientos para la adecuación del Espacio Físico, para el Laboratorio de T.P.

Equipo	Requerimientos
INYECTORA "BOY 35 E"	<ul style="list-style-type: none">- Dimensiones: LxAnxAI 2809x805x1949 mm- Área de Montaje: 1.9 m²- Conexión Eléctrica: 400 V – 60 Hz- Refrigeración: Agua- Conexión Agua Inyectora: toma de R 1/2"- Conexión Agua del Molde: toma de R 1/2"- Carga sobre el suelo: 845 kg/cm²
EXTRUSORA "E 20 T"	<ul style="list-style-type: none">- Dimensiones: LxAnxAI 850x805x1949 mm- Peso: 70 kg- Conexión Eléctrica: 3x400 V – 60 Hz- Refrigeración: Agua- Caudal del Agua: 3 ltr/min- Conexión Agua Extrusora: Ø8 mm
BLOW FILM "BL 50 T"	<ul style="list-style-type: none">- Dimensiones: LxAnxAI 715x480x1280 mm- Peso: 65 kg- Conexión: Aire 3 – 5 bar- Conexión del Aire: Ø6 mm
FLAT FILM "CR 72 T"	<ul style="list-style-type: none">- Dimensiones: LxAnxAI 825x550x635 mm- Peso: 55 kg- Conexión 1: Aire 6 bar- Conexión 2: Agua 6 bar- Conexión del Aire: Ø6 mm- Conexión del Agua: 2 Ø3/8"

Equipo	Requerimientos
PELETIZADOR "CGS 171 T"	- Dimensiones: LxAnxAI 290x500x540 mm - Peso: 50 kg
WATERBATH "WB 850 T"	- Dimensiones: LxAnxAI 850x220x270 mm - Peso: 10.5 kg - Conexión: Agua - Capacidad: 11 ltr - Conexión Agua: Ø10 mm (3/8")
VACUUM "VKT 1000 T"	- Dimensiones: LxAnxAI 1500x480x460 mm - Peso: 65 kg - Conexión 1: Agua - Conexión 2: Aire - Conexión Agua Entrada: Ø13 mm - Conexión Agua Salida: Ø25 mm - Conexión Aire: Ø6 mm
"BAW 130 T" + "WR 650 T"	- Dimensiones: LxAnxAI 1100 x 540 x 425 mm - Peso: 55 kg

Fuente: El Autor

En la tabla 2.1 se presenta los requerimientos para los equipos del laboratorio de transformación de polímeros. Los cuales nos permite analizar la mejor distribución del espacio físico, tanto de las redes eléctricas, agua y de aire.

Como parte de los requerimientos para la adecuación del laboratorio es necesario:

Tabla 2.2: Requerimientos adicionales para el Laboratorio de T.P.

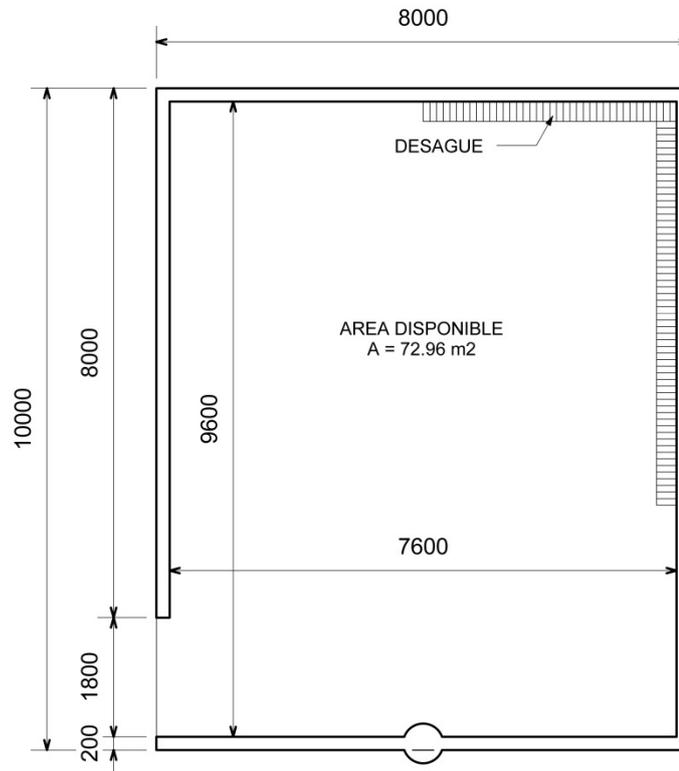
Pos.	Designación
1	Transformador de Voltaje (400 V)
2	Mesas para los Equipos.
3	Mesa para alumnos.
4	Sillas para alumnos.
5	Armario para herramientas.
6	Armario para varios.
7	Recipientes de almacenamiento de materia prima.
8	Recipientes para desperdicios.
9	Equipo de seguridad en el laboratorio.

Fuente: El Autor

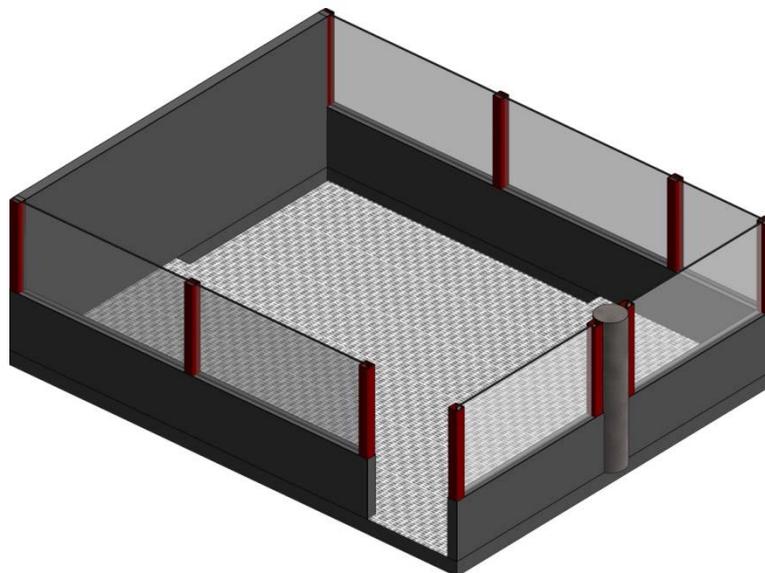
- **INFRAESTRUCTURA**

El área designada para el laboratorio de transformación de polímeros se puede observar en la figura 2.1, la distribución de los equipos y las diferentes redes las veremos en el siguiente capítulo.

Figura 2.1: Área Disponible para el Laboratorio de Transformación de Polímeros



PLANTA



MODELO 3D

Fuente: El Autor

2.3 ESPECIFICACIONES TECNICAS DE CADA UNO DE LOS EQUIPOS

Las especificaciones técnicas se presentarán a continuación mediante fichas técnicas, para un reconocimiento general del equipo a utilizar en el laboratorio de transformación de polímeros.

2.3.1 MAQUINA DE MOLDEO POR EXTRUSION “E 20 T”

Tabla 2.3: Ficha Técnica extrusora "E 20 T"

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		LABORATORIO DE TRANSFORMACION DE POLIMEROS	
SEDE CUENCA AREA MECANICA		FICHA TECNICA	
Equipo: EXTRUSORA			
			
Características Generales:			
Altura:	670 mm	Marca:	COLLIN
Ancho:	615 mm	Modelo:	E 20 T
Largo:	850 mm	Serie No:	
Peso:	100 kg	Fabricante:	COLLIN
Volumen:	0,35 m ³	Año:	2012
Condición:	Nuevo	Representante:	Ing. José Jalil
Herramientas – Accesorios			
Descripción	Marca	Cantidad	Observaciones
Dado para Pellets	Collin	1	
Dado para Laminado	Collin	1	
Dado para Tubo	Collin	1	
Herramientas	Holox	1	Set de Herramientas
Mesa para el Equipo	Treston	1	Ajustable en altura

Fuente: El Autor

2.3.2 MAQUINA BLOWN FILM "BL 50 T"

Tabla 2.4: Ficha Técnica Blown Film "BL 50 T"

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR SEDE CUENCA AREA MECANICA		LABORATORIO DE TRANSFORMACION DE POLIMEROS FICHA TECNICA	
Equipo: BLOWN FILM			
			
Características Generales:			
Altura:	1280 mm	Marca:	COLLIN
Ancho:	500 mm	Modelo:	BL 50 T
Largo:	715 mm	Serie No:	
Peso:	65 kg	Fabricante:	COLLIN
Volumen:	0,45 m ³	Año:	2012
Condición:	Nuevo	Representante:	Ing. José Jalil
Herramientas – Accesorios			
Descripción	Marca	Cantidad	Observaciones
Mesa para el Equipo	Treston	1	Ajustable en altura

Fuente: El Autor

2.3.3 MAQUINA FLAT FILM “CR 72 T”

Tabla 2.5: Ficha Técnica Flat Film "CR 72 T"

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR		LABORATORIO DE TRANSFORMACION DE POLIMEROS	
SEDE CUENCA AREA MECANICA		FICHA TECNICA	
Equipo: FLAT FILM			
			
Características Generales:			
Altura:	635 mm	Marca:	COLLIN
Ancho:	500 mm	Modelo:	CR 72 T
Largo:	825 mm	Serie No:	
Peso:	55 kg	Fabricante:	COLLIN
Volumen:	0,26 m ³	Año:	2012
Condición:	Nuevo	Representante:	Ing. José Jalil
Herramientas – Accesorios			
Descripción	Marca	Cantidad	Observaciones
Mesa para el Equipo	Treston	1	Ajustable en altura

Fuente: El Autor

2.3.4 MAQUINA PELLETIZADOR “CGS 171 T”

Tabla 2.6: Ficha Técnica Pelletizador "CGS 171 T"

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR SEDE CUENCA AREA MECANICA		LABORATORIO DE TRANSFORMACION DE POLIMEROS FICHA TECNICA	
Equipo: PELLETIZADOR			
			
Características Generales:			
Altura:	537 mm	Marca:	COLLIN
Ancho:	290 mm	Modelo:	CSG 171 T
Largo:	485 mm	Serie No:	
Peso:	50 kg	Fabricante:	COLLIN
Volumen:	0,075 m ³	Año:	2012
Condición:	Nuevo	Representante:	Ing. José Jalil
Herramientas – Accesorios			
Descripción	Marca	Cantidad	Observaciones
Mesa para el Equipo	Treston	1	Ajustable en altura

Fuente: El Autor

2.3.5 EQUIPO WATERBATH “WB 850 T”

Tabla 2.7: Ficha Técnica Waterbath "WB 850 T"

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR SEDE CUENCA AREA MECANICA		LABORATORIO DE TRANSFORMACION DE POLIMEROS FICHA TECNICA	
Equipo: WATERBATH			
			
Características Generales:			
Altura:	270 mm	Marca:	COLLIN
Ancho:	220 mm	Modelo:	WB 850 T
Largo:	850 mm	Serie No:	
Peso:	10,5 kg	Fabricante:	COLLIN
Volumen:	0,05 m ³	Año:	2012
Condición:	Nuevo	Representante:	Ing. José Jalil
Herramientas – Accesorios			
Descripción	Marca	Cantidad	Observaciones
Mesa para el Equipo	Treston	1	Ajustable en altura

Fuente: El Autor

2.3.6 EQUIPO VACUUM “VKT 1000 T”

Tabla 2.8: Ficha Técnica Vacuum "VKT 1000 T"

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR SEDE CUENCA AREA MECANICA		LABORATORIO DE TRANSFORMACION DE POLIMEROS FICHA TECNICA	
Equipo: VACUUM			
			
Características Generales:			
Altura:	480 mm	Marca:	COLLIN
Ancho:	500 mm	Modelo:	VKT 1000 T
Largo:	1500 mm	Serie No:	
Peso:	65 kg	Fabricante:	COLLIN
Volumen:	0,36 m ³	Año:	2012
Condición:	Nuevo	Representante:	Ing. José Jalil
Herramientas – Accesorios			
Descripción	Marca	Cantidad	Observaciones
Mesa para el Equipo	Treston	1	Ajustable en altura

Fuente: El Autor

2.3.7 EQUIPO DE ARRASTRE Y BOBINADO “BAW 130 T + WR 650 T”

Tabla 2.9: Ficha Técnica Equipo de Arrastre y Bobinado "BAW 130 T + WR 650 T"

 UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR SEDE CUENCA AREA MECANICA		LABORATORIO DE TRANSFORMACION DE POLIMEROS FICHA TECNICA	
Equipo: ARRASTRE Y BOBINADO			
			
Características Generales:			
Altura:	480 mm	Marca:	COLLIN
Ancho:	650 mm	Modelo:	BAW 130 T + WR 650 T
Largo:	1100 mm	Serie No:	
Peso:	55 kg	Fabricante:	COLLIN
Volumen:	0,34 m ³	Año:	2012
Condición:	Nuevo	Representante:	Ing. José Jalil
Herramientas – Accesorios			
Descripción	Marca	Cantidad	Observaciones
Mesa para el Equipo	Treston	1	Ajustable en altura

Fuente: El Autor

CAPITULO III

DISEÑO TECNICO PARA LA IMPLEMENTACIÓN Y ADECUACIÓN DEL ESPACIO FÍSICO DEL EQUIPO

3.1 INTRODUCCIÓN

En el presente capítulo se plantea el diseño, el lugar, las instalaciones eléctricas, agua, aire y adecuaciones que cada equipo ocupará dentro del laboratorio.

Cada equipo necesita de instalaciones y adecuaciones específicas para su correcto funcionamiento, para ello se analiza el número de conexiones necesarias a las redes.

Las conexiones eléctricas en este caso solo necesita la Inyectora y la extrusora “E 20T”. El resto de equipos para los procesos de extrusión se conectan directamente a la extrusora.

3.2 CAPACIDAD

En el capítulo anterior se realizó un croquis del espacio físico disponible para la implementación y adecuación del Laboratorio de transformación de polímeros, con sus respectivas dimensiones (figura 2.1), en el cual se debe ajustar con cada uno de los equipos adquiridos, y con el mobiliario necesario.

En el laboratorio de transformación de polímeros existe una área disponible de aproximadamente de 76.92 m^2 que debe contener los equipos con el mobiliario necesario. La inyectora tiene que estar instalada junto al chiller¹ que mantiene el agua en recirculación y a temperatura requerida. La extrusora de igual manera necesita un lugar fijo y con una amplia área para que se puedan acoplar los diferentes equipos de los procesos de extrusión.

Los equipos del laboratorio ocupan la siguiente área:

- Área ocupada por la Inyectora: 1.9 m^2
- Área ocupada por el chiller: 0.2 m^2
- Área ocupada por la extrusora acoplado el equipo de mayor longitud = 1.70 m^2

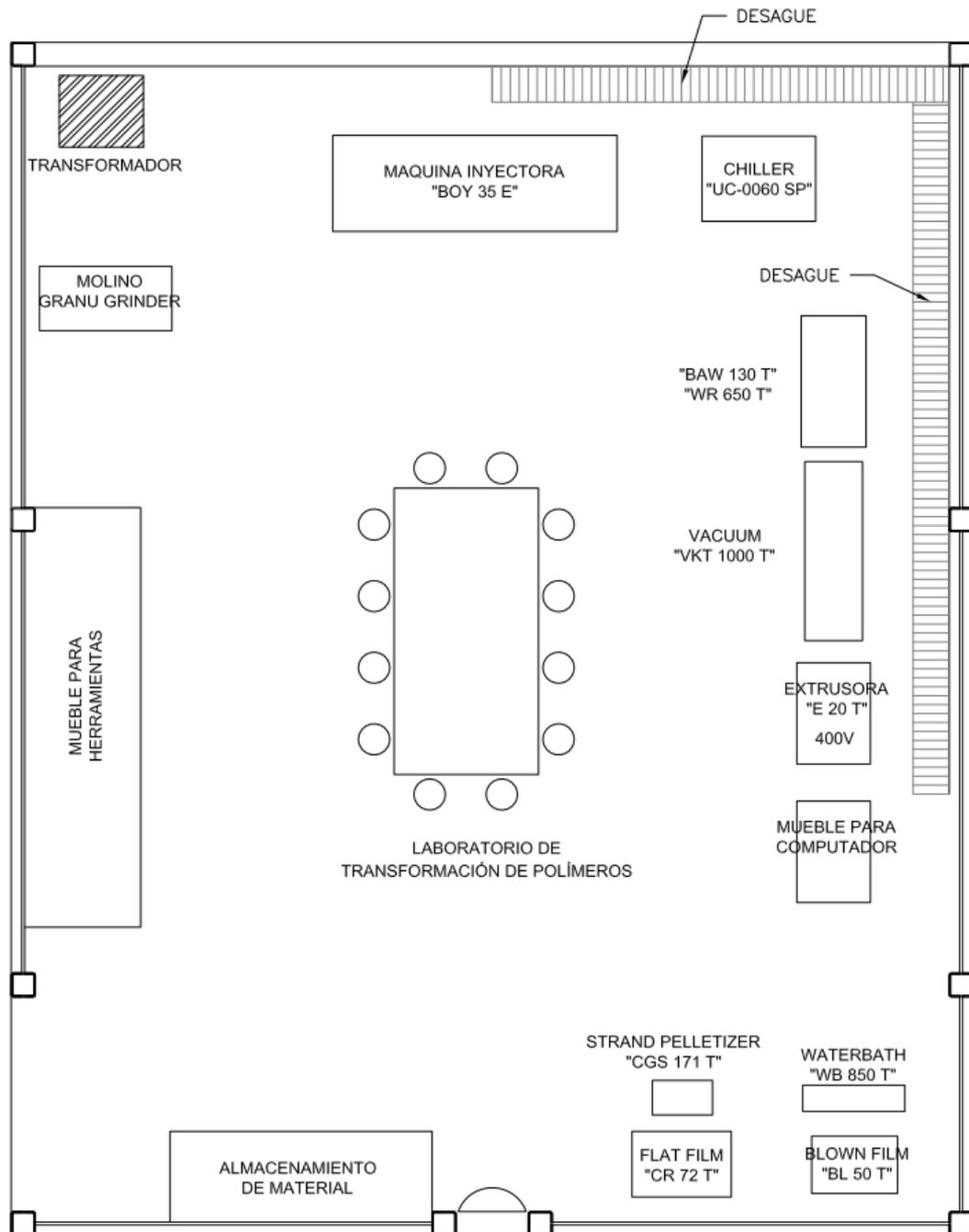
Hay que tener en cuenta de igual manera un lugar o una área para los diferentes equipos que no se estén utilizando en el proceso de extrusión.

Además dentro del laboratorio, es necesario un lugar de almacenamiento de material así como una mesa de trabajo y muebles para guardar los accesorios o materiales.

¹ **Chiller:** (o enfriador de agua) es un aparato industrial que produce agua fría para el enfriamiento de procesos industriales.

3.3 DISTRIBUCIÓN EN PLANTA

Figura 3.1: Distribución de los Equipos en Planta:



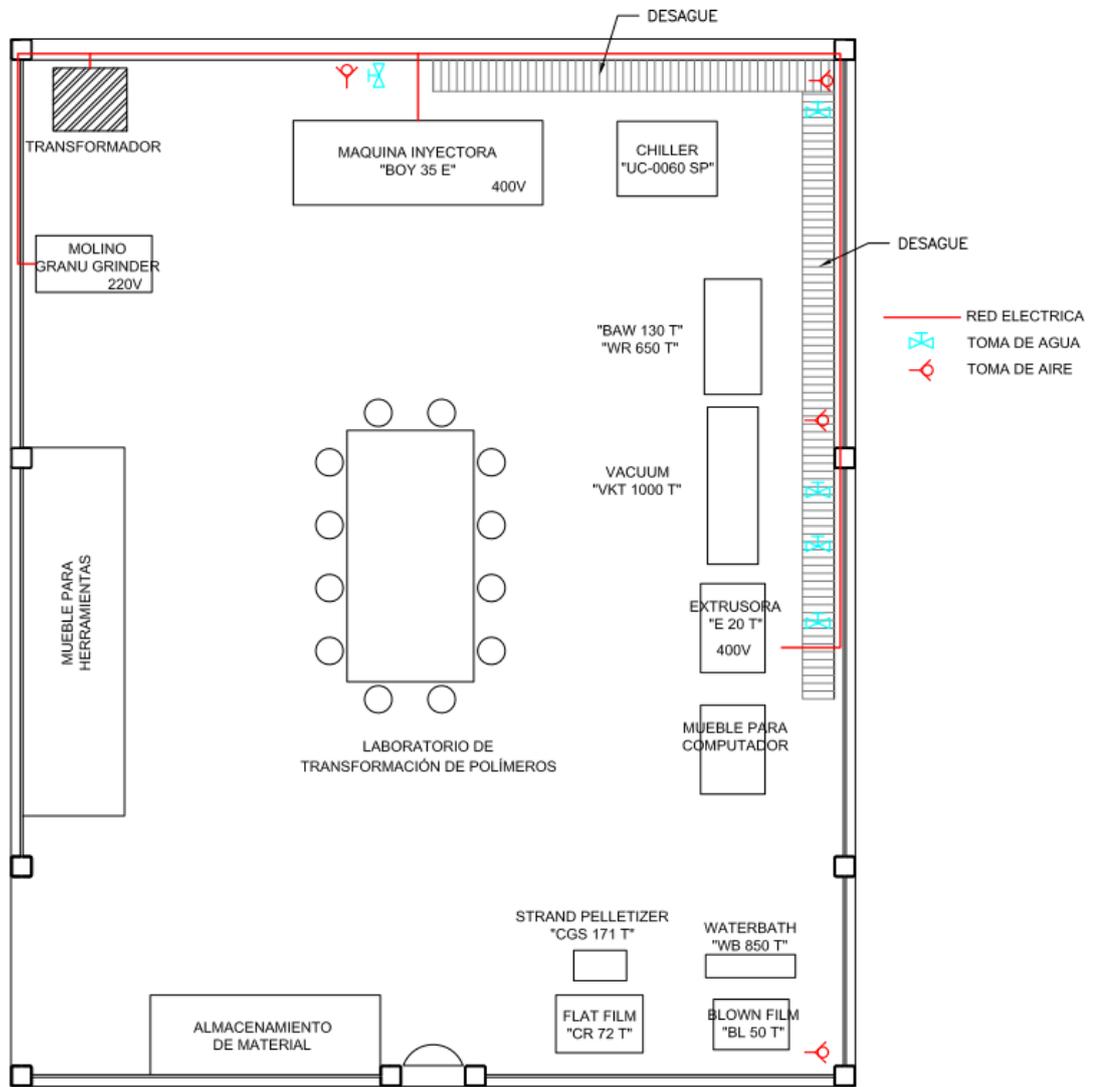
Fuente: El Autor

Para la distribución en planta se consideró todos los requerimientos mencionados, buscando la mejor distribución de espacio para tener una amplia zona de trabajo y se pueda movilizar los equipos de los diferentes procesos de extrusión sin ningún problema.

3.4 INSTALACIONES E INSTRUMENTACIÓN

En la figura 3.2 se puede observar los diferentes puntos para tomas de agua y aire que son necesarios para el funcionamiento de los equipos.

Figura 3.2: Distribución de Redes de Agua y Aire



Fuente: El Autor

Para las instalaciones es necesaria la siguiente lista de materiales:

Tabla 3.1: Listado de Materiales

LISTADO DE MATERIALES		
<i>Descripción</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Observaciones</i>
Toma de 400V – 60 Hz	2	- Para la Inyectora “Boy 35 E”, - Para la Extrusora “E 20 T”
Toma de 220V – 60 Hz	1	- Para el Molino Granu Grinder
Toma de Agua	5	Distribuidas como se indica en la figura 3.2
Toma de Aire	4	Distribuidas como se indica en la figura 3.2

Fuente: El Autor

3.5 SEGURIDAD EN EL LABORATORIO

Antes de conectar o de poner en marcha la máquina, asegúrese de que nadie puede ser puesto en peligro por el arranque de la máquina. Nunca hacer nada para poner en peligro la seguridad.

Utilizar el equipo solamente cuando todos los dispositivos de seguridad y los componentes relacionados estén en su lugar y en buen estado de funcionamiento, por ejemplo, dispositivos de protección desmontables, los dispositivos de parada de emergencia, interruptores por tracción de cable, dispositivos de escape, si es necesario.

En caso de mal funcionamiento, apague inmediatamente la máquina y asegúrela, informar de lo sucedido al laboratorista.

Se tiene que tener total precaución y entender cada símbolo que se encuentra en los equipos, para precautelar la integridad del personal operativo y equipos. A continuación se puede observar en la tabla 3.2 un listado de los símbolos de advertencia y su significado.

Tabla 3.2: Símbolos de Advertencia

SIMBOLOS DE ADVERTENCIA	
<i>Símbolo</i>	<i>Descripción</i>
	- Aviso de una zona de peligro. - Peligro general.
	- Advertencia de Riesgo de quedar atrapado. - Cuidado con los componentes en movimiento.

	<ul style="list-style-type: none"> - Riesgo de atrapar las manos en los rodillos de rotación. - Peligro de aplastamiento.
	<ul style="list-style-type: none"> - Advertencia de tensión eléctrica peligrosa. - Peligro electricidad.
	<ul style="list-style-type: none"> - Advertencia de superficie caliente - Superficie caliente
	<ul style="list-style-type: none"> - Advertencia de materiales inflamables - Los materiales inflamables o de alta temperatura

Fuente: El Autor

También dentro del laboratorio es necesario tener símbolos de prohibición como los que se muestra en la tabla 3.3:

Tabla 3. 3: Símbolos de Prohibición

SÍMBOLOS DE PROHIBICIÓN	
<i>Símbolo</i>	<i>Descripción</i>
	<ul style="list-style-type: none"> - Operación prohibida con corbata. - Servicios / usos prohibidos con corbata.
	<ul style="list-style-type: none"> - Operación prohibida con el cabello largo. - Servicios / usos prohibidos con el cabello largo.
	<ul style="list-style-type: none"> - No fumar.
	<ul style="list-style-type: none"> - No alimentos - No comer y beber
	<ul style="list-style-type: none"> - Prohibido fuego

Fuente: El Autor

Para trabajar con la máquina se recomiendan los equipos de protección a seguir:

- Guantes de protección resistentes al calor.
- Calzado de seguridad
- Un mandil de trabajo con un alto porcentaje de lana
- Protección para la cara (para la puesta en marcha)

Se debe tener especial precaución con la temperatura de proceso, el producto o los equipos tienen el riesgo de inflamarse.

En el laboratorio de transformación de polímeros es necesario contar con toda la protección contra incendios, como extintores de incendios en buen estado y en completa funcionalidad, para contener posibles conatos producidos por el flagelo de polímeros.

El operador está obligado a verificar antes de comenzar cualquier trabajo que el sistema de seguridad de los equipos funcione correctamente, en caso de no ser así se tiene que informar al laboratorista.

Es necesario que el equipo de seguridad estacionario (por ejemplo: paneles, cubiertas, barandillas, etc.) se encuentre en su posición y estén bien fijados con sus tornillos, solo debe ser desmontado en caso de mantenimiento y reparación. Una vez finalizados estos trabajos, se tiene que comprobar la correcta fijación del dispositivo de protección.

CAPITULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL LABORATORIO DE TRANSFORMACIÓN DE POLÍMEROS

4.1 ACONDICIONAMIENTO DEL ESPACIO FÍSICO

Para el acondicionamiento del espacio físico se aplicaron normas y requerimientos descritos en el capítulo 3, para la instalación de redes de agua, aire a presión y líneas eléctricas.

Los cables flexibles fueron colocados en la parte posterior de cada equipo para evitar el riesgo de tropezar.

Figura 4.1: Adecuación del Laboratorio



Fuente: El Autor

4.2 MONTAJE Y PUESTA A PUNTO

Todos los equipos para el proceso de extrusión y sus diferentes aplicaciones están diseñados para trabajar sobre una mesa, la altura de funcionamiento adecuada está aproximadamente a 700 mm desde el nivel del piso. La superficie de la mesa y la máquina a través de sus pies regulables deben estar nivelados y lisos.

El revestimiento de la superficie de la mesa no debe carbonizarse o inflamarse debido a cualquier plástico fundido que se emite (resistencia hasta aprox. 300 ° C).

La conexión eléctrica de todos los equipos para las diferentes aplicaciones, se conectan a la Extrusora “E 20T”.

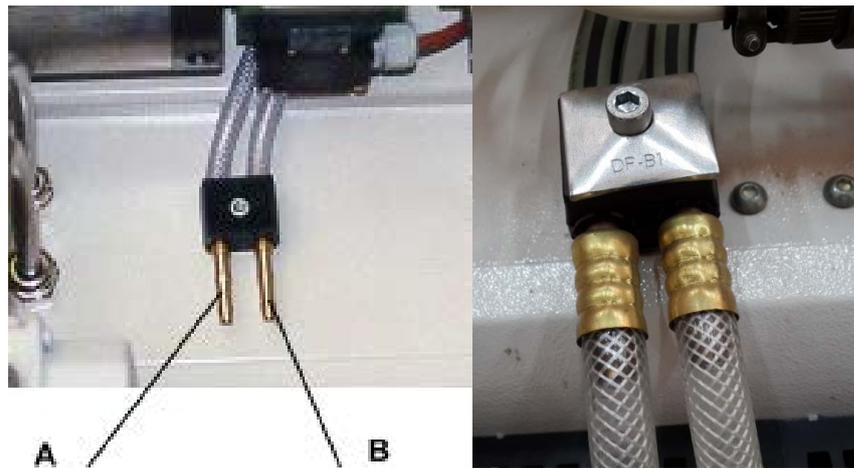
4.2.1 MONTAJE Y PUESTA A PUNTO DE LA EXTRUSORA “E20 T”

Una vez montada la extrusora en la mesa se procede a verificar que:

- Los contactos de todas las conexiones de los equipos eléctricos están apretados y no tengan muestras de daños.
- También que los tornillos de los componentes mecánicos se encuentren ajustados.
- El botón de parada de emergencia este en correcto funcionamiento.

Para la conexión del agua de refrigeración, se realiza mediante tubo flexible a la red de agua. En la siguiente figura se observa la entrada (B) y la salida (A).

Figura 4.2: Instalación Agua de Refrigeración



Fuente: El Autor

Para la puesta a punto se verifica que todas las cubiertas de protección estén instaladas y la tolva se encuentre en su posición firmemente.

Para comenzar el proceso se tiene que conectar cualquier equipo a la extrusora.

4.2.2 MONTAJE Y PUESTA A PUNTO DEL BLOWN FILM "BL 50 T"

El montaje se lo realizó sobre una mesa como se indicó anteriormente y se procede a verificar que:

- Los contactos de todas las conexiones de los equipos eléctricos están apretados y no tengan muestras de daños.
- También que los tornillos de los componentes mecánicos se encuentren ajustados.
- El botón de parada de emergencia este en correcto funcionamiento.

Para la puesta a punto del equipo, se verifica que los rodillos del equipo, se encuentren limpios y libres de grasa antes de su puesta en marcha. Para este propósito se debe utilizar un agente de limpieza en frío.

La conexión entre el controlador de presión y la red de aire comprimido, se realiza mediante una manguera para aire comprimido de diámetro 6mm.

4.2.3 MONTAJE Y PUESTA A PUNTO DEL FLAT FILM "CR 72 T"

Al igual que la extrusora este equipo está diseñado para trabajar sobre una mesa.

Las partes del equipo como los rodillos, se deben limpiar y desengrasar a fondo antes de su puesta en marcha. Para este propósito se debe utilizar un agente de limpieza en frío.

Al igual que en los otros equipos se procede a verificar que las conexiones eléctricas y componentes mecánicos se encuentre ajustados.

Para el almacenamiento del equipo se debe cubrir con el fin de evitar la penetración de polvo y humedad. La temperatura de almacenamiento se encuentra entre: +5 °C hasta +50 °C.

La conexión de agua de refrigeración debe ser hecha en la parte posterior en el colector de distribución (4 x $\frac{3}{8}$ "rosca interior), esta puede ser conectada en la red de agua normal y en el dispositivo de temperatura (opcional).

Antes de conectar los rodillos a los sistemas de temperatura de tipo cerrado, se deben enjuagar con un agente anticorrosivo, se introduce en la boca de llenado (aprox. 200 ml / llenado).

La conexión de aire comprimido debe ser hecha en la parte posterior en el colector distribuidor, mediante una manguera para aire comprimido de diámetro 6mm.

4.2.4 MONTAJE Y PUESTA A PUNTO DEL PELETIZADOR "CGS 171 T"

El equipo se coloca sobre una mesa, se revisa las conexiones eléctricas y mecánicas que estén ajustadas correctamente.

Para el almacenamiento del equipo se debe cubrir con el fin de evitar la penetración de polvo y humedad. La temperatura de almacenamiento se encuentra entre: +5 °C hasta +50 °C.

Se procede a la conexión eléctrica entre el equipo y la extrusora.

4.2.5 MONTAJE Y PUESTA A PUNTO DEL WATERBATH "WB 850 T"

El waterbath se coloca sobre una mesa, este tiene cuatro pies de goma que se adhieren a la superficie lisa de la mesa debido a su forma cóncava.

La conexión se la hace a la red de agua normal. Como se observa en la figura 4.3, se conecta la manguera a la boquilla de entrada y otra manguera a la boquilla de salida del agua.

Figura 4.3: Conexión de Agua Waterbath "WB 850 T"



Fuente: El Autor

4.2.6 MONTAJE Y PUESTA A PUNTO DEL VACUUM "VKT 1000 T"

Para el montaje del Vacuum "VKT 100 T", es necesario también el equipo de arrastre y bobinado "BAW 130 T"+"WR 650 T".

La conexión eléctrica del equipo fue realizada por el fabricante y se encuentra lista para el funcionamiento.

Primero se debe conectar el equipo de arrastre y bobinado "BAW 130 T"+"WR 650 T" a la extrusora como todos los equipos anteriores y a su vez se debe conectar el Vacuum "VKT 1000 T" por medio de dos conectores como se muestra en la figura 4.4, al primer equipo mencionado.

La bomba de vacío de la unidad de calibración y refrigeración están conectados a la toma de 230V (Conector #1). La bomba de circulación de agua para la unidad de calibración y refrigeración está conectada a la pequeña toma de 24V (Conector #2).

Figura 4.4: Conectores para energía del Vacuum "VKT 100 T"



Fuente: El Autor

La conexión del agua de refrigeración (½" rosca interna) que se encuentra a la izquierda del equipo se la hace directamente a la red de agua, se recomienda que el agua se encuentre fría por debajo de 12 °C y con presión entre 3-8 bar. Para la salida de agua (1" rosca interna) que se encuentra al lado derecho, se conecta una manguera que vaya a la descarga al nivel del suelo.

Para la conexión del aire comprimido es necesaria una manguera de Ø6mm que se encuentra sobre la entrada de agua. Figura 4.5.

Figura 4.5: Conexión de Agua y Aire del Vacuum "VKT 100 T"



Fuente: El Autor

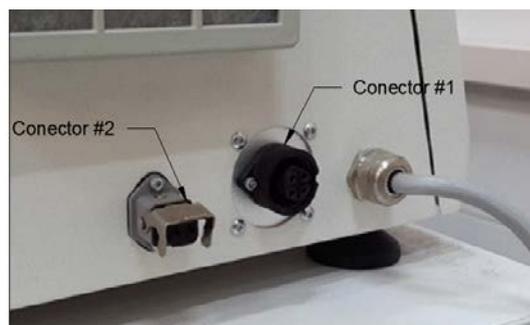
4.2.7 MONTAJE Y PUESTA A PUNTO DEL EQUIPO DE ARRASTRE Y BOBINADO "BAW 130 T"+"WR 650

En este equipo y como en todos los demás, el fabricante ha realizado todas las conexiones eléctricas internas, de tal manera que está listo para su uso.

Se procede a la conexión eléctrica entre el equipo y la extrusora.

Los conectores del Vacuum "VKT 100 T" (conector #1 y conector #2) se conectan en este equipo, en la posición como se indica en la figura 4.6.

Figura 4.6: Conectores



Fuente: El Autor

4.3 PRUEBAS PILOTO DE FUNCIONAMIENTO

4.3.1 PRUEBAS PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DE LA EXTRUSORA "E 20 T"

- **OPERACIONES DE ENCENDIDO**

Para comenzar con el encendido del equipo, se debe verificar que estén todos sus componentes en orden, como:

- Que la toma de corriente este bien enchufada
- Asegurarse de que la tolva este en su posición firme y de que haya suficiente material para la prueba.
- Abrir el ciclo del agua de refrigeración

Luego de haber realizado estos pasos se procede a encender el equipo:

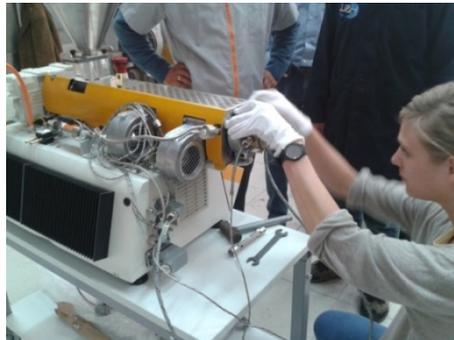
Se coloca el interruptor principal de la extrusora en posición ON.

Se enciende el control de la extrusora en el panel.

Una vez realizado el proceso anterior se procede al ajuste de los valores de las zonas de calefacción y se inicia la fase de calentamiento.

Con la persona encargada de la empresa para la capacitación de los equipos se realizó cada paso anterior descrito, para la verificación del buen estado y el correcto funcionamiento del equipo.

Figura 4.7: Puesta a Punto de la Extrusora "E 20T"



Fuente: El Autor

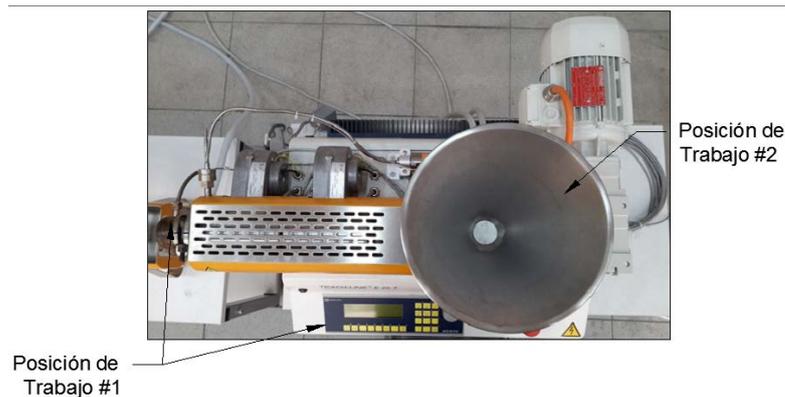
NOTA: Después de alcanzar los valores de punto de ajuste en función del material empleado, se debe dejar aprox. 30 minutos para calentar a fondo la máquina. Si no se deja este periodo de espera, existe el riesgo de dañar el tornillo.

Una vez establecidos los valores y tomando en cuenta todos los pasos descritos se procede a encender el tornillo con el botón .

- **Operación**

Las estaciones de trabajo para el personal operativo se puede observar en la siguiente figura, señalado por una flecha.

Figura 4.8: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo



Fuente: El Autor

Tabla 4. 1: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo

DATOS TÉCNICOS GENERALES	
<i>Posición</i>	<i>Descripción</i>
1	Estación de trabajo ocasional Cambio de herramienta, el control de la máquina
2	Estación de trabajo permanente Manejo a través del panel de control, volver a llenar la materia prima

Fuente: El Autor

- **Operaciones de Apagado**

El funcionamiento de la máquina se termina por el sistema de control eléctrico.

- Se debe ejecutar el extrusor a baja velocidad hasta que se vacíe en su mayoría.
- Y se procede a desconectar el accionamiento del tornillo.
- Se debe mantener el sistema de refrigeración por agua de la zona de alimentación, durante 15 a 30 min hasta que la temperatura de operación esté por debajo de los 100 °C.
- Se procede a desconectar el interruptor principal.
- Se cierra el sistema de refrigeración por agua.

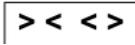
4.3.2 PRUEBAS PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DEL BLOWN FILM "BL 50 T"

- **Operaciones de Encendido**

La línea de soplado de película está lista para funcionar cuando sea llevado a cabo la conexión eléctrica y la conexión con el aire comprimido.

- Conectar el interruptor principal en la extrusora.
- Accionar el pulsador [] en la extrusora.
- Accionar el pulsador [] en la línea de soplado de películas.
- Encender el ventilador por pulsador [].

Después de alcanzar las temperaturas necesarias en la extrusora se puede iniciar el proceso.

- Conectar el accionamiento de la extrusora mediante el pulsador [RUN].
- Accionar los rodillos de la línea de soplado con pulsar el botón [].
- Hacer que avance el material hasta que alcance los rodillos guía.
- Cerrar la brecha entre los rodillos guía con el botón [].
- Activar el pulsador [] para accionar el aire de inflación y ajustar el aire de este con la válvula reguladora de presión. [].
- Encender la bobinadora con el pulsador [].
- Se ajusta la tensión de tracción de la bobinadora con el potenciómetro.
- Se ajusta la velocidad de los rodillos guía mediante el potenciómetro con el valor deseado.

- **Operación**

Dirigir la manga de plástico que sale de la boquilla hacia los rodillos guía, esto se debe hacer con la herramienta adecuada manualmente.

Es absolutamente necesario el uso de guantes resistentes a altas temperaturas y nunca llevar las manos al espacio entre los rodillos.

Para el bobinado del film se utiliza un tubo de cartón que se coloca en el eje de la bobinadora que está diseñada con un cojinete de apoyo en un extremo para evitar que el tubo de cartón se resbale. Los tubos de cartón tienen un diámetro de 52 mm (2") de diámetro interno y 200 mm de longitud.

- **Operación de Apagado**

Se realiza el proceso contrario del encendido del equipo de blown film y para la extrusora se sigue el proceso antes descrito en el subcapítulo 4.3.1.

4.3.3 PRUEBAS PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DEL FLAT FILM "CR 72 T"

- **Operación de Encendido**

La máquina está lista para funcionar después de conectarla a las redes antes descritas.

- Primero revisar si las funciones de parada de emergencia están en correcto funcionamiento.
- Conectar el accionamiento [].
- Encender los rodillos [].
- Verificar la apertura y el cierre de los rodillos.
- Comprobar los interruptores de seguridad del Flat Film. El funcionamiento del botón de parada de emergencia o el balancín de parada de emergencia debe tener como resultado lo siguiente:
 1. Elevación del rodillo superior.
 2. Parada de todas las unidades.

La operatividad de los interruptores de seguridad se debe comprobar con cada puesta en marcha de la máquina.

- **Operación**

Para el ajuste del equipo se debe realizar a un pequeño número de revoluciones y con los rodillos abiertos durante la fase de calentamiento. Es necesario esperar un tiempo considerable hasta conseguir uniformidad de la distribución de la temperatura.

NOTA: *No llevar a cabo el ajuste con el rodillo frío, porque existe el peligro de contacto y por lo tanto de causar daños a la superficie del rodillo de calentamiento debido a la expansión de este.*

Para el bobinado de las láminas de film, esta debe estar centrada en el tubo de cartón, que de igual manera que para los otros equipos, el tubo de cartón tiene un diámetro de 52 mm (2") de diámetro interno y 200 mm de longitud.

4.3.4 PRUEBAS PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DEL PELETIZADOR "CGS 171 T"

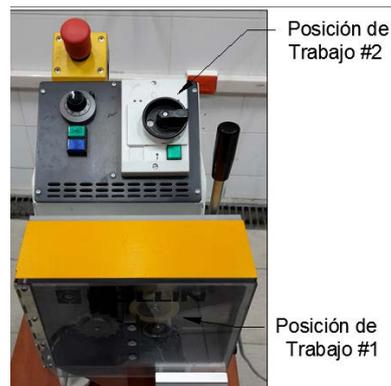
- **Operación de Encendido**
 - Comprobar que la maquina esté colocada de forma segura.
 - Proporcionar un contenedor de pellets.
 - Comprobar que la fresa este libre y no presente ningún tipo de atasco.

- Proporcionar y comprobar la conexión eléctrica.
- Cierre la puerta de seguridad.
- Conectar el interruptor principal. La luz verde debajo del interruptor principal indica el accionamiento.
- Encender la pelletizadora con el botón iluminado de enganche [Drive ON / OFF].
- Desconectar el interruptor principal, para comprobar la función de parada de emergencia de la pelletizadora.
- Pulse el botón luminoso [Drive ON / OFF], para abrir la puerta.
- Pulse el botón [Habilitar apertura de la puerta] y tire de la puerta abierta.
- Para la apertura de la puerta, primero se procede con la llave triangular suministrada, con la que el interruptor de seguridad se libera mecánicamente.

- **Operación**

Las estaciones de trabajo para el personal operativo se puede observar en la siguiente figura, señalado por una flecha.

Figura 4.9: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo



Fuente: El Autor

Tabla 4. 2: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo

DATOS TÉCNICOS GENERALES	
<i>Posición</i>	<i>Descripción</i>
1	Estación de trabajo ocasional Control de la máquina
2	Estación de trabajo permanente Operaciones en el panel de control

Fuente: El Autor

Con el potenciómetro se ajusta la velocidad del motor. El par de rodillos alimentadores y la fresa se acoplan al motor mediante engranajes y por la banda en V. Al aumentar o disminuir la velocidad se puede variar el diámetro del pellets pero no la longitud. Para variar la longitud es necesario el intercambio de la fresa.

Para una alimentación de la hebra correcta, es necesario hacer un pre-ajuste de la brecha de alimentación, la distancia entre los rodillos va depender del espesor de la hebra. El rodillo superior de goma tiene una fuerza de presión constante por medio de un resorte y el rodillo inferior se puede pre-ajustar mediante el tornillo de cabeza que se encuentra en el lado posterior de la pelletizadora (Figura 4.10).

Figura 4.10: Pre-ajuste de la brecha de alimentación



Fuente: El Autor

4.3.5 PRUEBAS PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DEL WATERBATH "WB 850 T"

La prueba que es necesario hacer al equipo, es verificar que la entrada y la salida de agua sea la correcta y no exista taponamiento en ninguno de los dos casos.

- **Operación de Encendido**

El equipo es sencillo de utilizar, para poner en funcionamiento se debe abrir la llave para el ingreso del agua al depósito.

El tiempo que se requiera tener el polímero bajo el agua puede ser prolongado para un enfriamiento mayor, esto se puede lograr con un guiado múltiple en los rodillos de desviación.

- **Operación**

La estación de trabajo para el operador del equipo se puede observar en la siguiente figura, señalado por una flecha.

Figura 4.11: Estación de trabajo



Fuente: El Autor

Tabla 4. 3: Estaciones de Trabajo para el Personal Operativo

DATOS TÉCNICOS GENERALES	
<i>Posición</i>	<i>Descripción</i>
1	Estación de trabajo ocasional Obtención del producto en la máquina, Monitoreo de la máquina

Fuente: El Autor

- **Operación de Apagado**

- Apagar la máquina de extrusión
- Apagar el equipo conectado según el proceso que se esté realizando.
- Cerrar la entrada del agua.
- Para la evacuación del depósito se puede quitar el tubo de desbordamiento.

4.3.6 PRUEBAS PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DEL VACUUM "VKT 1000 T

- **Operación de Encendido**

Cuando se encuentre todas las conexiones realizadas el equipo está listo para su uso.

La calibración del equipo se realiza según el diámetro de tubo que se vaya a utilizar (6 ó 3mm), se debe cambiar el dado de extrusión y las diferentes galgas como se muestra en la figura 4.12.

Figura 4.12: Dado y Galgas de Intercambio



Fuente: El Autor

Para el primer llenado se debe cerrar la válvula (V2) , de lo contrario el agua puede salir con fuerza del disco de calibración. También se debe comprobar que la válvula de escape (V6) para el depósito de recirculación en el bastidor inferior está cerrado (mango en posición vertical).

Abrir la válvula (V3)  y (V4)  girando al menos dos vueltas.

Comprobar si los tubos de desbordamiento (R1) y (R2) se encuentran en las salidas (A4) y (a2). Ver Figura 1.45.

Ahora se abre la válvula de agua de refrigeración (V10)  que permitirá el ingreso del agua de refrigeración fría por medio del distribuidor de agua y a su vez desde allí al tanque de vacío y al tanque de enfriamiento a través de las válvulas (V3)  y (V4) .

Cuando el tanque de vacío está lleno, la bomba de vacío y la bomba de circulación de agua deben ser desactivadas con el fin de evitar que el tanque de vacío se desborde.

- **Operación**

En primer lugar de debe comprobar el funcionamiento de la parada de emergencia en el equipo de arrastre y bobinado "BAW 130 T"+"WR 650"

A continuación se activan los controladores con el botón On .

Los tubos de desbordamiento (R1, R2) deben estar colocados en su posición.

Las posiciones de las válvulas se deben ajustar de la siguiente manera:

- *Tanque de recirculación de agua y la válvula de drenaje (V6):* cerrado.
- *Enfriamiento en el disco calibración (V2)* : cerrado
- *Regulación del agua de sellado al vacío de la bomba (V7)* : posición medio abierto.
- *Entrada del tanque de vacío (V3)* : 1/2 de vuelta abierta.
- *Entrada del tanque de enfriamiento (V4)* : 1/4 de vuelta abierta.
- *Entrada de agua de refrigeración (V10)* : 1/4 - 1/2 de vuelta abierta.

Las tapas de los depósitos permanecen abiertas en estas operaciones.

A continuación se conecta la bomba de circulación de agua (WP), utilizando el botón  de encendido en el equipo de arrastre y bobinado “BAW 130 T”+“WR 650”.

Tanto el distribuidor de agua y las tuberías se ventilan y se llenarán de agua. Una pequeña cantidad de agua se recircula en el tanque de agua de recirculación a través de la bomba de vacío. El resto fluirá en los tanques superiores”.

Si el nivel del agua alcanza el tubo de desbordamiento del tanque de vacío, la bomba de vacío (VAK) se puede desactivar mediante el botón  de encendido en el equipo de arrastre y bobinado “BAW 130 T”+“WR 650”.

Si el tanque de enfriamiento también se llena hasta el tubo de desbordamiento, se reduce la cantidad de agua de refrigeración con la válvula (V10) (abierto aprox. 1 vuelta).

La cantidad de entrada al tanque de vacío se ajusta con la válvula (V3) de tal manera que con el funcionamiento de la bomba de vacío de agua fluye constantemente en la salida (A2) a través del borde del tubo [9].

No se permite que la bomba de vacío permanezca más de 2 minutos sin agua.

Tenga en cuenta que la bomba de vacío se encuentre con suficiente agua por el tubo de desbordamiento del tanque de vacío.

El vacío se puede ajustar con la válvula (s) de regulación de vacío. Si el valor seleccionado es menor de 40 a 50 mbar, la válvula de ventilación se debe abrir con el fin de llegar a la gama de regulación.

La cantidad de entrada al tanque de enfriamiento se ajusta con la válvula (V4) de una manera tal que el agua fluye constantemente a través del borde del tubo en la salida (A4).

La válvula (V2) debe ser abierta y se ajusta a la cantidad de entrada deseada para el soporte de calibración. Ahora, el tubo extruido se puede extraer y se coloca en el cinturón con poco esfuerzo.

La tapa del depósito del tanque de soplado estará cerrada y se ajusta la cantidad de aire. Los rodillos de presión en el tanque de enfriamiento y vacío están ajustados para evitar que el tubo flote [9].

El aire comprimido para el dado de soplado, se puede ajustar como se desee.

- **Operación de Apagado**

La bomba de circulación de agua se apaga con el botón  en el control del equipo de arrastre y bobinado “BAW 130 T”+“WR 650”.

Se cierra la válvula de entrada de agua (V10).

Una vez que la purga de aire está apagada se puede abrir la tapa del depósito.

El tubo de rebose (R2) en el tanque de vacío se extrae. Al hacerlo, la bomba de vacío succiona el agua en el tanque de vacío y del tanque de recirculación (Figura 1.45). Si el tanque de vacío se encuentra vacío, se puede retirar también el tubo de rebosamiento (R1).

Una vez que toda el agua es retirada del tanque de vacío, es necesario apagar la bomba de vacío con el botón Off .

Realizado todos los pasos anteriores se procede a retirar los rodillos y a la limpieza del equipo.

4.3.7 PRUEBAS PILOTO DE FUNCIONAMIENTO DEL EQUIPO DE ARRASTRE Y BOBINADO "BAW 130 T"+"WR 650

- **Operación de Encendido**

Cuando se haya realizado todas las instalaciones antes descritas y se haya conectado todo, se procede con el encendido, se comprueba el funcionamiento de la parada de emergencia.

Cuando se activa el interruptor de parada de emergencia se debe comprobar que:

- Todas las bombas deben apagar;
- Todas las unidades deben detenerse.

Después de la activación del interruptor de parada de emergencia, todas las funciones se deben conectar de nuevo. La función de parada de emergencia se debe probar cada vez que la máquina se encienda.

- **Operación**

- Encender el equipo con el botón .
- Se ajusta la velocidad nominal en el potenciómetro.
- Se ajusta la distancia entre las correas por medio del volante.
- Se enciende la bomba de circulación de agua con el pulsador .
- Se enciende la bomba de vacío con el pulsador .
- Se procede a dirigir el tubo a través del equipo "VKT 1000 T"
- El tubo se hace pasar por las correas guías.
- Si es necesario se realiza un pre-ajuste de las correas, de tal manera que se realice un arrastre correcto.
- Luego se enrolla el tubo alrededor de la bobinadora.
- Se enciende la bobinadora con el pulsador .
- Se ajusta la velocidad con el potenciómetro asociado.
- Dirigir el tubo por el anillo guía.

- Encienda la unidad de alineación lineal con el pulsador  .

- **Operación de Apagado**

Para apagar el equipo se procede a desactivar cada parte del equipo con los botones antes descritos, pero en este caso los botones color rojo.

CAPITULO V

ELABORACIÓN Y VALIDACIÓN DE LAS GUIAS DE PRÁCTICA

5.1 ESTRUCTURA DE LAS GUIAS DE PRÁCTICAS

Basándose en diferentes métodos de investigación y en general en el nuevo formato de prácticas para los laboratorios, se presenta la siguiente estructura empleada.

- Estructura Teórica
- Aplicación Práctica
- Informe

5.1.1 ESTRUCTURA TEÓRICA

Consiste en una definición teórica donde el instructor explica los conceptos necesarios para la realización de las prácticas, esto se adquiere en las aulas como parte del proceso de aprendizaje, donde explica los procesos de transformación de polímeros, el manejo del equipo, ajustes de parámetros, manejo del software, entre otros.

5.1.2 APLICACIÓN PRÁCTICA

Trata de la ejecución de la práctica en el laboratorio, el practicante para poder ejecutar el equipo, primero debe informarse de las normas de seguridad y el uso del equipo. Cada grupo identificará el equipo, entenderá el proceso y ejecutará el software de control. En esta sección se realiza la toma de mediciones, gráficas y todo lo necesario para que el estudiante pueda cumplir con los objetivos planteados en la práctica.

5.1.3 INFORME

El informe es una recopilación de los datos obtenidos en la práctica, la cual debe culminar con recomendaciones y conclusiones apreciables que constituirán para poder mejorar la práctica o el aprendizaje de los alumnos.

5.1.4 COMPONENTES DE LA GUÍA DE PRÁCTICA

La guía de práctica es un documento que se proporciona al estudiante y que será la base para ejecutar la práctica de manera correcta. La Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca cuenta con un formato que consta de la siguiente manera:

5.1.4.1 OBJETIVO GENERAL

Indica el propósito que se desea alcanzar con la práctica o los conocimientos que se desean adquirir luego del proceso. Es importante que esos objetivos sean alcanzables, lógicos y coherentes con lo realizado.

5.1.4.2 METODO

Se refiere al método que se empleará para lograr los objetivos planteados.

5.1.4.3 EQUIPOS

En esta sección se debe mencionar todos los equipos, instrumentos necesarios para el desarrollo de la práctica, se debe listar los mismos en una tabla, con el propósito de facilitar información para su fácil ubicación en el banco de trabajo.

5.1.4.4 MARCO TEÓRICO

En esta sección se debe presentar al estudiante un marco teórico de los conceptos necesarios antes de realizar la práctica con el propósito que recuerde o refresque los conocimientos que debieron ser adquiridos en las lecturas recomendadas.

5.1.4.5 DESARROLLO O PROCEDIMIENTO

En esta sección se presenta al estudiante un proceso que se debe seguir para el correcto desarrollo de la práctica así como un procedimiento paso a paso para que la práctica se pueda desarrollar en orden.

Posteriormente se debe continuar describiendo el procedimiento necesario para poder finalizar la práctica. En esta sección se debe incluir los apartados de toma de mediciones, análisis de los datos, gráficas y todo lo necesario para que el estudiante pueda cumplir con los objetivos planteados en la práctica.

5.1.4.6 CALCULOS Y RESULTADOS

Se basan exclusivamente en los datos recolectados. Deben ser presentados de forma objetiva, concisa, y en secuencia lógica.

En esta sección los resultados deben ser comparados con conceptos teóricos y hacer énfasis en el aporte de realizar la práctica. A la par se debe interpretar los resultados y las implicaciones (relación entre el efecto y la causa, consecuencia) que tienen estos en el campo de estudio.

5.1.4.7 ACTIVIDADES DEL ALUMNO

La práctica indica actividades para el estudiante que dentro de la realización de la misma son indispensables para que demuestre que ha captado el conocimiento durante el experimento.

5.1.4.8 CUESTIONARIO

En esta sección de la guía se presenta un banco de preguntas que el estudiante puede resolver y pueda profundizar su aprendizaje teórico.

5.1.4.9 RECOMENDACIONES Y CONCLUSIONES

- **RECOMENDACIONES**

En las recomendaciones se debe proporcionar sugerencias orientadas al mejoramiento con base en los resultados, estas podrán ser, sugerencias para la mejora del proceso y procedimiento para prácticas futuras, en otras palabras las sugerencias deben estar dentro del marco de la realización de la práctica.

- **CONCLUSIONES**

Apartado para que el estudiante desarrolle sus conclusiones, observaciones y recomendaciones sobre la práctica. Una conclusión consta de dos partes la primera es la principal interpretación de los resultados y a continuación se extiende a la importancia de la práctica.

5.2 GUIAS DE PRÁCTICA

Se presenta las guías de práctica por proceso de extrusión y su respectiva validación.

5.2.1 GUÍA DE LA PRÁCTICA DE PROCESO DE PELLETIZADO

PRACTICA N°	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
1	1 hora	PUESTA A PUNTO DEL EQUIPO DE PELLETIZADO	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Conocer las diferentes partes y el funcionamiento del equipo de pelletizado.
- Instalar los equipos para el proceso.
- Configurar los equipos para el proceso.

2. METODO

En esta práctica se presenta el proceso a seguir para la instalación, la configuración y el uso de los equipos para el proceso de pelletizado.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

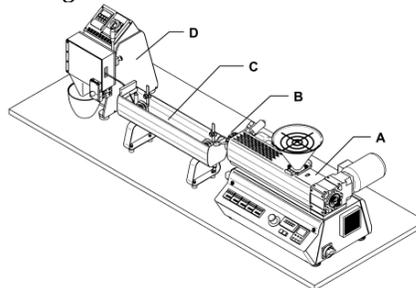
Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Waterbath	Collin	WB 850 T
Pelletizador	Collin	CSG 171 T

Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

El proceso de pelletizado consiste en la máquina de extrusión (A), el dado (B), el sistema de enfriamiento (C) y el pelletizador (D), ver Figura 1.

Figura 1. Sistema de Pelletizado

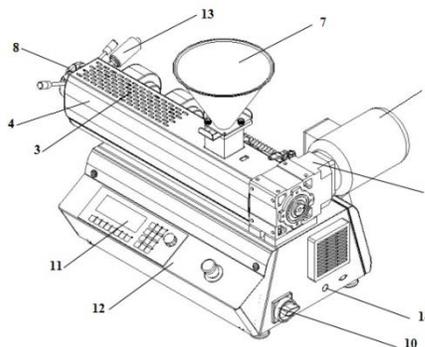


Fuente: Manual Extrusora "E20 T"

- **DESCRIPCION EXTRUSORA "E 20 T"**

La extrusora "E 20 T" consta de las siguientes partes:

Figura 2: Partes principales de la Extrusora



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Extrusora "E 20 T"

Tabla 2: Partes Extrusora "E 20 T"

Pos.	Designación	Pos.	Designación
1	Unidad de accionamiento	4	Cilindro
2	Motor-reductor	5	Tornillo (cubierto)
3	Unidad de procesamiento	6	Calefacción / Refrigeración (cubierto)

Fuente: El Autor

• **DESCRIPCION DEL PANEL DE CONTROL**

Figura 3: Panel de Control



Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

El panel de control contiene los siguientes elementos de mando y visualización:

- Selectores de ajuste de los valores establecidos para las zonas de calefacción y refrigeración: 3 para temperaturas del cilindro (Zonas 1-3) y 3 zonas para el dispositivo (Zonas 4-6)
- Selector de velocidad del tornillo.
- Botón de control
- Botón de encendido del tornillo
- Calibración P1
- Botón de selección de páginas en la pantalla



Otros botones como:

- Parada de emergencia

- **Control de encendido / apagado**

El botón [Control]  se utiliza para activar y preparar el sistema de control de la máquina, también activa los dos mecanismos de calentamiento y enfriamiento. La luz de estado correspondiente indica que se encuentra activo. Pulsando la tecla [control]  una vez más va a desactivar estas funciones. La luz de estado cuando parpadea, indica que la parada de emergencia se ha activado.

- **Botón de Encendido del Tornillo**

Cuando el botón control  está activo y las zonas de calentamiento seleccionados han alcanzado su temperatura, la unidad se puede activar pulsando el botón de encendido del tornillo . Al pulsar el botón  una vez más se apagará la unidad. La velocidad del tornillo se encuentra en el campo n1. Cuando el sistema está activado, cualquier cambio en el valor establecido para la velocidad del tornillo tiene un efecto inmediato.

Se puede encender el tornillo cuando las zonas de calentamiento han alcanzado las temperaturas establecidas o se encuentra dentro de los límites de tolerancia de aproximadamente -20 K a 30 K en relación con los valores de ajuste. La unidad sólo se puede activar si esta condición se ha cumplido. Si una zona transgrede el límite de la tolerancia, la unidad se apaga automáticamente.

Otra condición para poder encender el tornillo es que el transductor de presión en la punta del tornillo marque una presión superior a 500 bar (ajuste estándar).

- **Calibración del Canal de Presión**

Para una correcta calibración del transductor de presión existen importantes prerequisites como:

- Control encendido

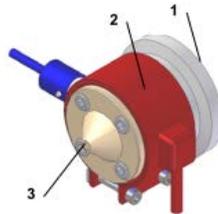
- todos los calentadores requeridos se cambian a temperatura de servicio

Al pulsar el botón  [Calibración P1] durante 3 segundos entrará a modo de calibración. La luz de estado correspondiente muestra que la calibración está activada. Primero se coloca el valor de 0 %, luego el valor de 80 %. El proceso de calibración se completa cuando la luz de estado está apagada [1].

El dado tiene una salida única de Ø3mm, una temperatura máxima de trabajo de 300 °C y una presión máxima de 350 bar.

El dado de extrusión consta de las siguientes partes:

Figura 4: Partes del dado de extrusión



Fuente: Manual Strand Die Type: 1x3mm

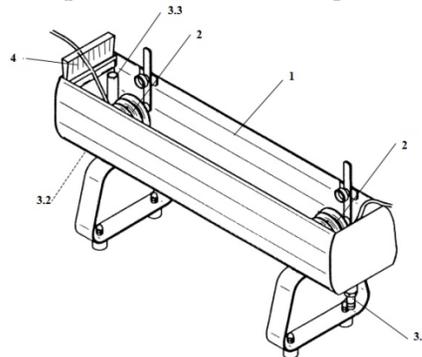
Tabla 3: Partes del dado de extrusión

Pos.	Designación
1	La masa fundida producida por la extrusora se alimenta en el dado a través de la conexión.
2	La masa fundida se distribuye uniformemente en el canal de masa fundida.
3	La hebra de plástico formada sale del agujero y se puede utilizar para su posterior procesamiento.

Fuente: El Autor

El siguiente equipo para el proceso de pelletizado es el Waterbath “WB 850T”, que consiste en una bandeja de acero inoxidable con una capacidad de 11 litros, que tiene las siguientes partes:

Figura 5: Partes de la Maquina



Fuente: Manual WaterBath "WB 850T"

Tabla 4: Partes de la Maquina

Pos.	Designación
1	Contenedor de Agua
2	Rodillo guía
3	Conexiones de Agua
3.1	Entrada de Agua
3.2	Salida de Agua
3.3	Drenaje de Agua
4	Cepillo

Fuente: El Autor

El pelletizador sirve para el corte de los filamentos de plástico en gránulos (pellets).

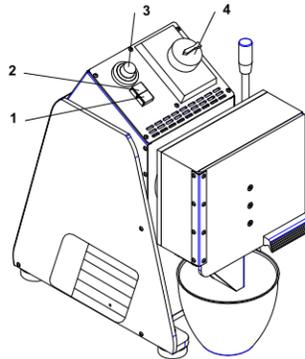
Con el Pelletizador tipo CSG "171 T" se puede obtener pellets de materiales compuestos, este se compone de la unidad de granulación con un par de extracción en rollos, la unidad de guía, una cuchilla estacionaria y la cuchilla giratoria. El accionamiento es proporcionado por un motor trifásico de frecuencia regulada para la velocidad de accionamiento de hasta 20 m/min [2]. Consta de las siguientes partes:

Tabla 5: Elementos de Mando

Pos.	Descripción
1	Pulsar el botón (Habilitar apertura de la puerta)
2	Pulsador ON / OFF del motor
3	Potenciómetro de motor / elevación de la velocidad
4	Interruptor Principal

Fuente: El Autor

Figura 6: Partes de la Maquina



Fuente: Manual Pelletizador “CGS 171T”

5. DESARROLLO

5.1 PRECAUCIONES

- Llevar el equipo necesario para la seguridad personal.
- Verificar que el sistema de seguridad del equipo este en correcto funcionamiento.
- Verificar que el sistema de seguridad del laboratorio esté disponible y en total funcionalidad.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para el uso del equipo siempre utilizar las herramientas propias del equipo.

5.2.1 PUESTA A PUNTO DE LA EXTRUSORA “E 20 T”

Para empezar la puesta a punto de la extrusora se verifica que:

- Que la toma de corriente este bien enchufada.
- Que el tapón de seguridad se encuentre en su posición.
- Todas las cubiertas de protección estén instaladas y la tolva se encuentre en su posición firmemente.
- Conectar el sistema de agua de refrigeración como se indica en la figura 7 y abrir

la válvula para el ingreso de agua.

Figura 7: Conexión de toma de agua



Fuente: El Autor

Luego de haber realizado estos pasos se procede a encender el equipo:

- Se coloca el interruptor principal de la extrusora en posición ON.
- Se procede al ajuste de los valores de las zonas de calefacción y se inicia la fase de calentamiento. Para el ingreso de datos se selecciona el botón de cada zona de temperatura de la extrusora (Figura 8) y con la perilla se escoge el valor deseado.

Figura 8: Ingreso de valores de las zonas de calefacción



Fuente: El Autor

En la extrusora existen tres zonas de calefacción para el tornillo y una zona de calefacción en el dado.

Una vez que se ingresan los valores de temperatura se procede a pulsar el botón  para iniciar la fase de calentamiento.

5.2.2 MONTAJE DEL DADO PARA EL PROCESO DE PELLETIZADO

Para el montaje del dado de pelletizado es necesario que la extrusora se encuentre caliente.

Para el montaje verificamos que:

- Las superficies de unión entre la extrusora y el dado se encuentren libres de cualquier residuo de material. Ver figura 9,

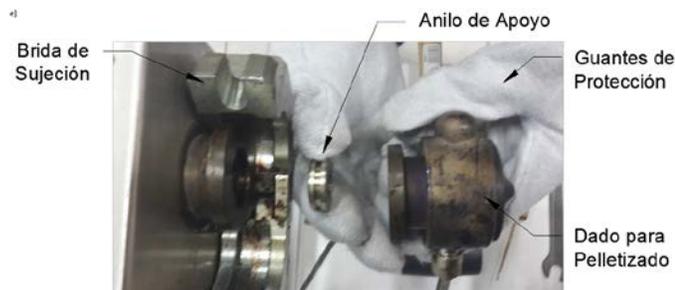
Figura 9: Preparación del Equipo



Fuente: El Autor

Luego de verificar que todo esté en su posición y tanto los cables como tomas se encuentren en buen estado, se procede a montar el dado de extrusión para pelletizado con la extrusora mediante la brida de sujeción y el anillo de apoyo. Ver figura 10.

Figura 10: Montaje Dado de Pelletizado

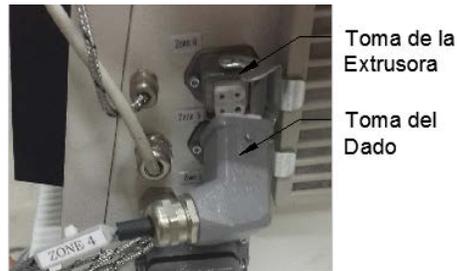


Fuente: El Autor

Para la conexión de energía y las diferentes zonas de calefacción del dado y del Extruder “CSG 171T”, se procede a apagar la extrusora momentáneamente y luego a:

- Conectar la toma de la Zona 4, con la toma de la Zona 4 de la extrusora.
- Conectar la toma principal de la máquina de pelletizado con la extrusora.

Figura 11: Conexión a Extrusora



Fuente: El Autor

Nota: Los nombres de las zonas tanto del dado como de la extrusora deben coincidir (figura 11).

Para el control de temperatura del dado de pelletizado se debe conectar la termocupla de las Zonas 4, como se muestra en la figura 12.

Figura 12: Conexión de Termocuplas



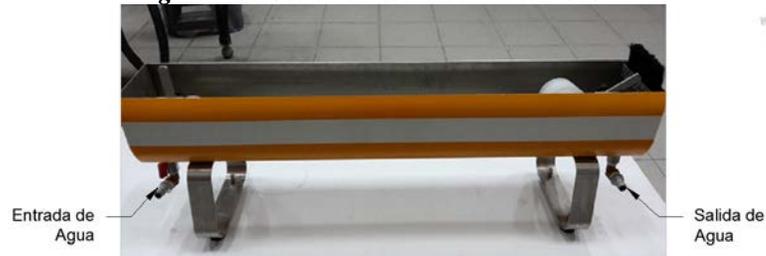
Fuente: El Autor

5.2.3 PUESTA A PUNTO DEL WATERBATH "WB 850 T"

La conexión se la hace a la red de agua normal, ver figura 13, se conecta la manguera a la boquilla de entrada y otra manguera a la boquilla de salida del agua.

Se coloca el tubo de desbordamiento y se procede al llenado del depósito, se puede controlar el flujo de agua de ingreso con la llave en la toma de entrada.

Figura 13: Conexión Waterbath "WB 850 T"



Fuente: El Autor

5.2.4 PUESTA A PUNTO DEL PELLETIZADOR "CSG 171 T"

Para la conexión del pelletizador, se debe apagar la extrusora con el interruptor principal. Luego se retira el tapón de seguridad y se conecta la toma de la extrusora, ver Figura 12.

Figura 12: Conexión Pelletizador "CSG 171T"



Fuente: El Autor

Luego de realizar la conexión se enciende la extrusora nuevamente con el interruptor principal en ON.

En el pelletizador se comprueba su funcionamiento siguiendo los siguientes pasos:

- Conectar el interruptor principal. La luz verde debajo del interruptor principal indica el accionamiento.
- Encender la pelletizadora con el botón iluminado de enganche [Drive ON / OFF].
- Desconectar el interruptor principal, para comprobar la función de parada de emergencia de la pelletizadora.
- Pulse el botón luminoso [Drive ON / OFF], para abrir la puerta.

- Pulse el botón [Habilitar apertura de la puerta] y tire de la puerta abierta.
- Para la apertura de la puerta, primero se procede con la llave triangular suministrada, con la que el interruptor de seguridad se libera mecánicamente.

Para una alimentación de la hebra correcta, es necesario hacer un pre-ajuste de la brecha de alimentación, la distancia entre los rodillos va depender del espesor de la hebra. El rodillo superior de goma tiene una fuerza de presión constante por medio de un resorte y el rodillo inferior se puede pre-ajustar mediante el tornillo de cabeza hexagonal que se encuentra en el lado posterior de la pelletizadora, ver Figura 13.

Figura 13: Pre-ajuste de la brecha de alimentación



Fuente: El Autor

6. OBSERVACIONES

7. BIBLIOGRAFIA

[1] **Dr. Collin. 2012. Manual de Operación Extruder “E 20 T.**

[2] **Dr. Collin. 2012. Manual de Operación Pelletizador “CSG 171T”.**

PRACTICA N°	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
2	1 hora	PROCESO DE PELLETIZADO	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Manejar variables del proceso.
- Obtener muestras con diferentes variables del proceso.
- Analizar los resultados obtenidos.

2. METODO

El proceso de pelletizado se realiza mediante una extrusora, un sistema de refrigeración, el sistema de arrastre y el cortador, para determinar características diferencias entre las muestras obtenidas con el manejo de las variables del proceso.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Waterbath	Collin	WB 850 T
Pelletizador	Collin	CSG 171 T

Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

El proceso de pelletizado es de gran importancia porque la mayoría de los polímeros necesitan una etapa previa de mezclado antes del proceso para el producto final.

En ocasiones se requiere sólo de un mezclado extensivo, donde los componentes de la

formulación se mezclan superficialmente, y se realiza en mezcladoras rápidas, y en otras es necesario un mezclado intensivo de los diferentes componentes de una formulación, y se suele llevar a cabo en extrusoras. En algunos casos son necesarios ambos, el mezclado extensivo previo al intensivo.

En las líneas de mezclado es frecuente el empleo de extrusoras de doble husillo. La configuración de la línea está determinada, entre otras cosas, por el tipo de aditivos a combinar en la extrusión. Estas líneas suelen tener a la salida de la extrusora troceadoras o pelletizadoras que permiten producir los pellets formulados [1].

5. DESARROLLO

5.1 PREPARACION Y AJUSTE DEL EQUIPO

- Verificar que se cuente con todos los elementos para la práctica como: materia prima, seguridad para el operario, herramientas propias del equipo.
- Encender la extrusora y ajustar los valores de temperaturas e iniciar la fase de calentamiento.
- Inspeccionar que todos los elementos de parada de emergencia estén en buen estado y en completo funcionamiento.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para asegurar el éxito en la ejecución del proceso de película soplada es importante tener presente siempre los siguientes aspectos:

- Identificar claramente la naturaleza del polímero a utilizar.
- Determinar las variables que se pueden manejar en el proceso, esto es: temperatura, velocidad de extrusión, velocidad del pelletizador.
- Llenar el Waterbath con agua.
- Encender el equipo de Pelletizado.

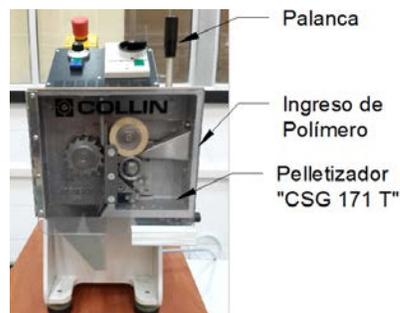
- Calibrar la velocidad del pelletizador con velocidades bajas.

Para iniciar el proceso que pulsa el botón [], para encender el tornillo de la extrusora, se recomienda iniciar a velocidades bajas.

Una vez que empieza a salir el polímero de la boquilla, esta se debe dirigir por debajo de los rodillos guía del Waterbath. Este paso se realiza manualmente, por lo que es absolutamente necesario el uso de guantes resistentes a altas temperaturas y de las herramientas adecuadas.

A continuación se lleva el polímero al pelletizador y con la ayuda de la palanca posterior se levanta el rodillo para que ingrese el polímero (figura 1).

Figura 1: Ingreso del Polímero



Fuente: El Autor

A continuación se procede con los siguientes pasos:

- Calibrar la velocidad del pelletizador.
- Obtener una manga de polímero uniforme para la toma de muestras.
- Tomar muestras de pellets manteniendo los valores de temperatura de procesamiento y variando la velocidad del tornillo de extrusión.
- Cuando se haya tomado las muestras se procede a vaciar todo el polímero de la extrusora.
- Apagar el funcionamiento del tornillo de extrusión.
- Apagar el pelletizador.

- Desmontar los equipos para el proceso de pelletizado.

6. CALCULOS Y RESULTADOS

Llenar las hojas anexadas con datos y resultados de la prueba.

7. ACTIVIDADES DEL ALUMNO

- 7.1 Comprobar visualmente diferencias entre las muestras obtenidas.
- 7.2 Comparar longitudes y diámetros de los pellets.
- 7.3 Comparar los datos obtenidos en las diferentes pruebas.
- 7.4 Establecer los parámetros de la práctica.
- 7.5 Presentar los resultados obtenidos.

8. CUESTIONARIO

8.1 ¿De qué se trata el proceso de extrusión de pelletizado?

8.2 ¿Cuáles son los factores fundamentales a considerar dentro del proceso de pelletizado?

INFORME

- a. Como marco teórico se debe abordar y profundizar los siguientes temas:
 - 1. Proceso de pelletizado.
 - 2. Proceso de pelletizado de materiales compuestos.

LOS CRITERIOS DE EVALUACION serán de acuerdo al análisis de resultados, y en función de las conclusiones.

9. BIBLIOGRAFIA

[1] **Beltrán Rico, M., Marcilla Gomis, A.** *Tecnología de Polímeros "Procesado y propiedades"*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.

PROCESO DE PELLETTIZADO

DATOS DE LA PRUEBA:

Tipo de polímero utilizado: _____

Temperaturas de procesamiento:

Tabla 2: Datos obtenidos

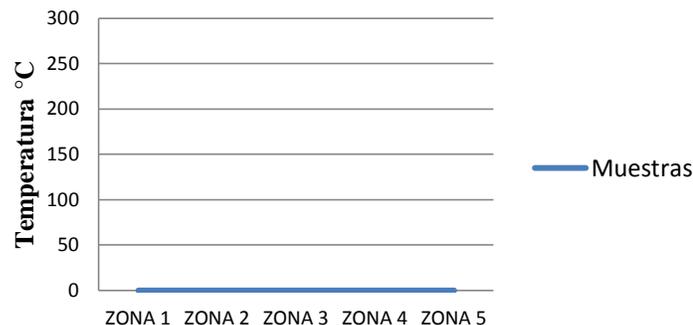
	TEMPERATURA °C					DATOS PROCESO			
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	TM (°C)	P1 (BAR)	n1 (RPM)	II (A)
MUESTRA 1									
MUESTRA 2									
MUESTRA 3									
MUESTRA 4									
MUESTRA 5									

ANALISIS DE RESULTADOS:

1) Resultados de la inspección visual (características de las muestras):

2) Resultados de las mediciones realizadas:

Figura 2: Perfil de Temperaturas Utilizadas



Zonas de la Extrusora

Figura 3: Diámetro de Pellet vs Velocidad del Pelletizador

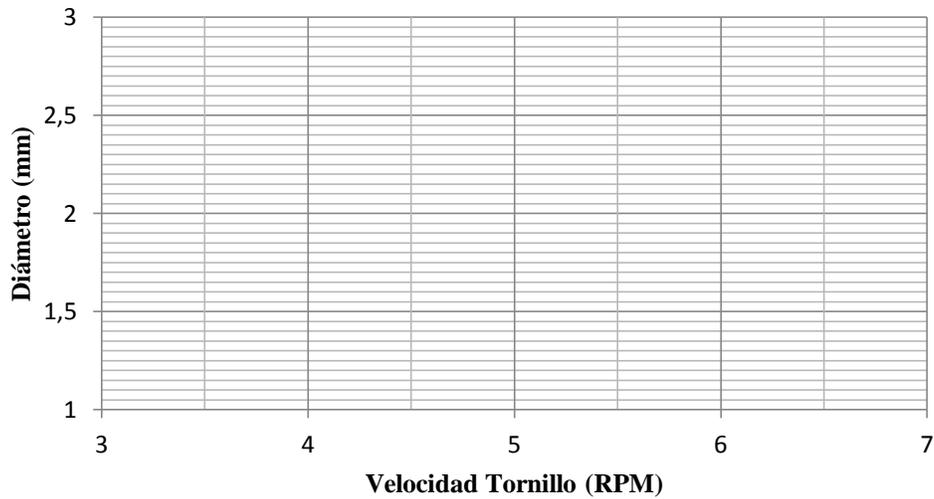
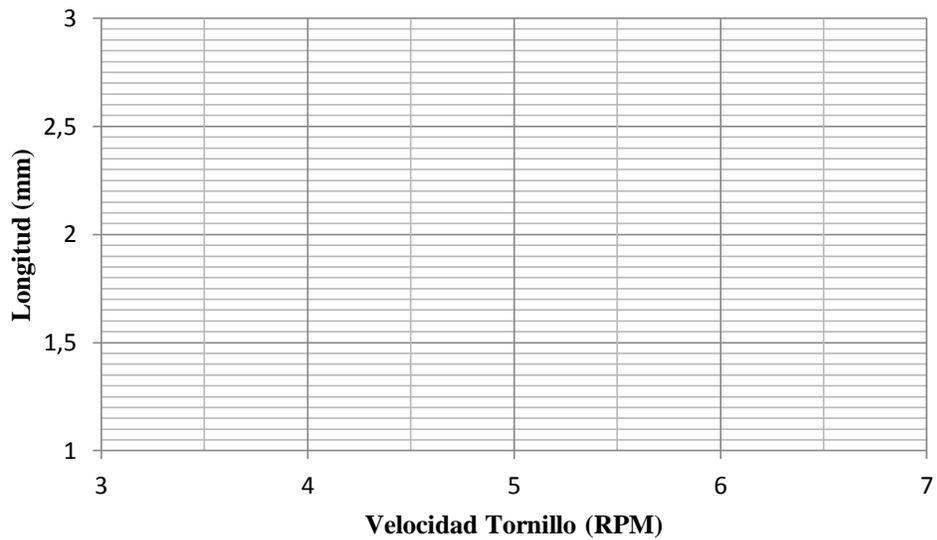


Figura 4: Longitud de Pellet vs Velocidad del Tornillo



5.2.2 GUÍA DE PRÁCTICA PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PELÍCULA SOPLADA.

PRACTICA N°	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
3	1 hora	PUESTA A PUNTO DEL EQUIPO DE EXTRUSION DE PELÍCULA SOPLADA	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Conocer las diferentes partes y el funcionamiento del equipo de película soplada.
- Instalar los equipos para el proceso.
- Configurar los equipos para el proceso.

2. METODO

En esta práctica se presenta el proceso a seguir para la instalación, la configuración y el uso de los equipos para el proceso de película soplada.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

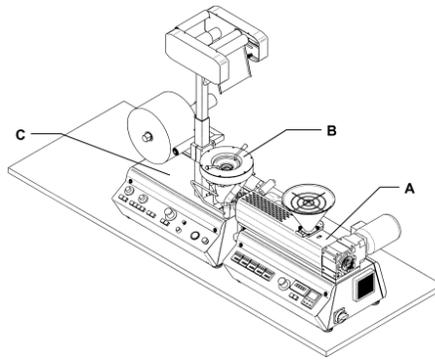
Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Blown Film	Collin	BL 50 T

Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

Este sistema se encuentra formado por la extrusora(A), el dado de película soplada (B) y la línea de soplado de película (C).

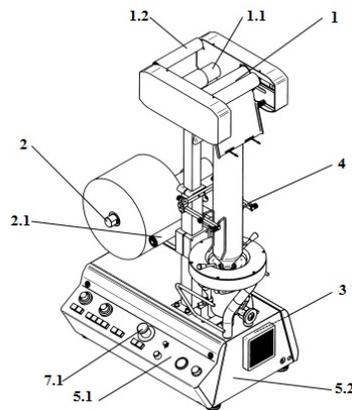
Figura 1: Sistema de Película Soplada



Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

La máquina para película soplada tiene las siguientes partes:

Figura 2: Partes de la Máquina



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Blown Film "BL50 T"

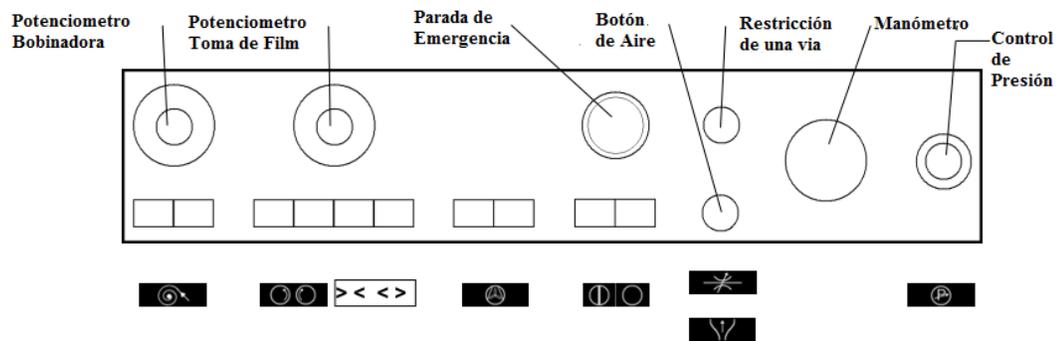
Tabla 2: Partes de Blown Film "BL50 T"

<i>Pos.</i>	<i>Designación</i>
1	<i>Toma del Film</i>
1.1	Rodillo Guía de Film
1.2	Rodillos de Inversión – Guía
2	<i>Bobinador</i>
2.1	Rodillos de Inversión – Bobinador
3	<i>Ventilador</i>
4	<i>Guía de Película Soplada</i>
5	<i>Equipo Eléctrico</i>
5.1	Panel de Operación
5.2	Armario de Distribución
6	Sistema Neumático
7	<i>Equipo de Seguridad</i>
7.1	Botón de Parada de Emergencia

Fuente: El Autor

- **DESCRIPCION DEL PANEL DE OPERACION**

Figura 3: Panel de Operación



Fuente: Adaptado Manual de Operación Blown Film "BL50 T"

Todos los elementos de mando y visualización se alojan en el panel de operaciones. Estos son:

- Control de Presión



- Manómetro
- Restricción de una vía 
- Botón de presión de aire 
- Botón rojo y verde (Control On – Off) 
- Botón de Parada de Emergencia
- Botón rojo y verde (Ventilador On – Off) 
- Pulsadores Amarillos (Abrir o Cerrar el Rodillo) 
- Botón rojo y verde (Rodillos On – Off) 
- Potenciómetro de velocidad de Toma de Film
- Botón rojo y verde (Bobinadora On – Off) 
- Potenciómetro de la Fuerza de Bobinado

Descripción del funcionamiento y los elementos de la pantalla

El equipo se conecta por medio de un enchufe a la Extrusora “E 20T”. El cable de conexión está construido de tal manera que sirva de fuente de alimentación y en caso de parada de emergencia apague toda la línea.

Regulador de Presión  , **Manómetro**

La presión se puede ajustar a través del regulador de presión y leer en el manómetro.

Restricción de una vía 

El aire de inflado se ajusta por el limitador de un sentido.

Botón



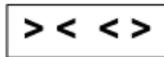
Mediante el botón, el aire de inflado se abre y se cierra.

Pulsador



El ventilador se enciende al pulsar un botón verde y a su vez se apaga de nuevo con el pulsador rojo.

Pulsador



El rodillo de caucho se mueve hacia el rodillo de acero con el pulsador amarillo [$> <$]. La brecha se abre de nuevo con el pulsador amarillo [$< >$].

Pulsador



La unidad para la toma de film se activa con sólo pulsar un botón verde. Esta unidad se apaga de nuevo con el pulsador rojo. La velocidad de la toma de film se ajusta con el potenciómetro asociado.

Pulsador



El impulso de la bobinadora se enciende con el pulsador verde. Esta unidad se apaga de nuevo con el pulsador rojo. La tensión en la bobinadora se ajusta con el potenciómetro asociado [1].

5. DESARROLLO

5.1 PRECAUCIONES

- Llevar el equipo necesario para la seguridad personal.
- Verificar que el sistema de seguridad del equipo este en correcto funcionamiento.
- Verificar que el sistema de seguridad del laboratorio esté disponible y en total funcionalidad.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para el uso del equipo siempre utilizar las herramientas propias del equipo.

5.2.1 MONTAJE DEL BLOWN FILM “BL 50 T”

Para el montaje del equipo de película soplada es necesario que la extrusora se encuentre caliente.

Para el montaje verificamos que:

- Las superficies de unión entre la extrusora y el Blown film se encuentren libres de cualquier residuo de material. Ver figura 4 (a),
- Los tubos de circulación de aire se encuentren en su posición como se indica en la figura 4(b).

Figura 4: Preparación del Equipo



Fuente: El Autor

Luego de verificar que todo esté en su posición y tanto los cables como tomas se encuentren en buen estado, se procede a montar el equipo de Blown film con la extrusora mediante la brida de sujeción y el anillo de apoyo. Ver figura 5.

Figura 5: Preparación del Equipo

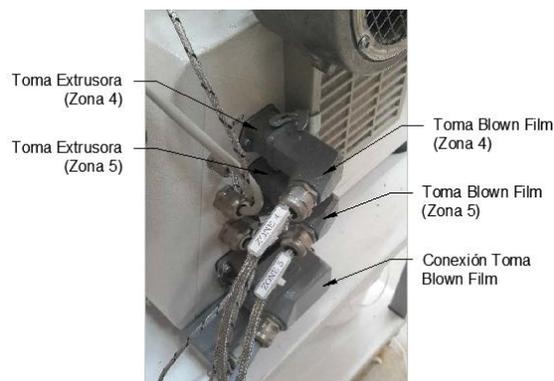


Fuente: El Autor

Para la conexión de energía y las diferentes zonas de calefacción del equipo de película soplada se procede a apagar la extrusora momentáneamente y luego a:

- Conectar la toma de la Zona 4, con la toma de la Zona 4 de la extrusora.
- Conectar la toma de la Zona 5, con la toma de la Zona 5 de la extrusora.
- Conectar la toma principal del Blown Film con la extrusora.

Figura 6: Conexión a Extrusora



Fuente: El Autor

Nota: *Los nombres de las zonas tanto del dado como de la extrusora deben coincidir (figura 6).*

Para el control de temperatura del dado de película soplada se debe conectar las termocuplas de las Zonas 4 y 5, como se muestra en la figura 7.

Figura 6: Conexión de Termocuplas



Fuente: El Autor

Para el funcionamiento de la parte neumática del equipo y para el inflado de la manga es necesaria la conexión de aire comprimido con manguera de $\varnothing 6\text{mm}$.

Realizado todos los pasos anteriores descritos, también es importante nivelar el equipo de Blown Film “BL 50 T”, para ello es necesario un nivel de burbuja y con la ayuda de las herramientas necesarias se ajusta en los cuatro apoyos del equipo.

5.2.2 PUESTA EN MARCHA DEL BLOWN FILM “BL 50 T”

- **Operaciones de Encendido**

Para encender el Blown se debe:

- Accionar el pulsador [ ] en la línea de soplado de películas.
- Encender el ventilador por pulsador [].

Luego de alcanzar las temperaturas necesarias en la extrusora se puede iniciar el proceso.

- Conectar el accionamiento de la extrusora mediante el pulsador [RUN].
- Accionar los rodillos de la línea de soplado con pulsar el botón [].
- Hacer que avance el material hasta que alcance los rodillos guía.

- Cerrar la brecha entre los rodillos guía con el botón [  ].
- Activar el pulsador [] para accionar el aire de inflación y ajustar el aire de este con la válvula reguladora de presión. [].
- Encender la bobinadora con el pulsador [].
- Se ajusta la tensión de tracción de la bobinadora con el potenciómetro.
- Se ajusta la velocidad de los rodillos guía mediante el potenciómetro con el valor deseado.

- **Operación de Apagado**

Para proceder a apagar el equipo se debe:

- Primero apagar el bobinador, el rodillo guía y el ventilador.
- Apagar todas las funciones del equipo con el botón principal [ ].

6. OBSERVACIONES

7. BIBLIOGRAFIA

[1] **Dr. Collin. 2012. Manual de Operación Blown Film “BL50 T”**

PRACTICA N°	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
4	1 hora	PROCESO DE PELÍCULA SOPLADA	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Manejar variables del proceso.
- Obtener muestras con diferentes variables del proceso.
- Analizar los resultados obtenidos.

2. METODO

El proceso de película soplada se realiza mediante el equipo Blown Film “BL 50 T”, para determinar características diferencias entre las muestras obtenidos con el manejo de las variables del proceso.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Blown Film	Collin	BL 50 T

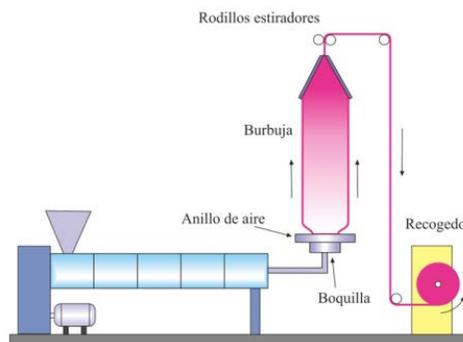
Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

El proceso de película soplada es el más común para la obtención de películas, y generalmente se emplea para fabricar bolsas de plástico a partir de HDPE y LDPE, y en

ocasiones también de PVC, PP, PA, entre otros. En estas líneas la extrusora está equipada con una boquilla anular, dirigida habitualmente hacia arriba, como se muestra en la figura 1.

Figura 1: Línea de Extrusión de Película Soplada



Fuente: Beltrán M. y Marcilla "Tecnología de Polímeros"

Por el interior de la boquilla se inyecta aire que queda confinado en el interior del material que sale por la boquilla y que es contenido, como si de una gran burbuja se tratara, por un par de rodillos situados en la parte superior. La boquilla dispone de unos orificios que permiten la circulación de aire por el exterior para enfriar el material. El cociente entre el diámetro de la burbuja y el diámetro de la boquilla se llama proporción de explosión y suele estar en el intervalo de 2.0 a 2.5.

En algunos casos el material se expande hasta tres veces su diámetro original, y a la vez es estirado por los rodillos que se encuentran en la parte superior, de modo que se orienta biaxialmente. El material sale de la boquilla en estado fundido, pero conforme asciende se enfría, gracias a la corriente de aire que circula por el exterior de la burbuja, de modo que solidifica, "congelando" la orientación en las dos direcciones, axial y longitudinal. El punto de solidificación se suele apreciar fácilmente debido a la pérdida de transparencia del material al pasar del estado amorfo al cristalino o semicristalino. A este proceso se le conoce como "estabilización de la burbuja". La orientación biaxial confiere muy buenas propiedades

mecánicas si se comparan con las obtenidas en el proceso de rodillos fríos donde sólo existe orientación en una dirección [1] .

5. DESARROLLO

5.1 PREPARACION Y AJUSTE DEL EQUIPO

- Verificar que se cuente con todos los elementos para la práctica como: materia prima, seguridad para el operario, herramientas necesarias.
- Encender la extrusora y ajustar los valores de temperaturas e iniciar la fase de calentamiento.
- Inspeccionar que todos los elementos de parada de emergencia estén en buen estado y en completo funcionamiento.
- Utilizar las herramientas propias del equipo.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para asegurar el éxito en la ejecución del proceso de película soplada es importante tener presente siempre los siguientes aspectos:

- Identificar claramente la naturaleza del polímero a utilizar.
- Determinar las variables que se pueden manejar en el proceso, esto es: temperatura, velocidad de extrusión, cantidad de aire de enfriamiento, velocidad del rodillo guía, velocidad del bobinador.
- Encender el equipo de Blown Film [],
- Encender el ventilador, el rodillo guía y la bobinadora.

Para iniciar el proceso que pulsa el botón [], para encender el tornillo de la extrusora, se recomienda iniciar a velocidades bajas.

Una vez que empieza a salir la manga de polímero de la boquilla, esta se debe dirigir a los rodillos guías. Este paso se realiza manualmente, por lo que es absolutamente necesario el uso de guantes resistentes a altas temperaturas y de las herramientas adecuadas.

PRECAUCION: *Nunca llevar las manos al espacio entre los rodillos.*

Para el bobinado del film se utiliza un tubo de cartón que se coloca en el eje de la bobinadora que está diseñada con un cojinete de apoyo en un extremo para evitar que el tubo de cartón se resbale. Los tubos de cartón tienen un diámetro de 52 mm (2") de diámetro interno y 200 mm de longitud.

A continuación se procede con los siguientes pasos:

- Calibrar la salida de aire de enfriamiento.
- Activar el pulsador [] para accionar el aire de inflación y ajustar el aire de este con la válvula reguladora de presión. [].
- Obtener una manga de uniforme para la toma de muestras.
- Tomar muestras de la manga con valores de temperatura mayores a la de procesamiento.
- Tomar muestras de la manga con valores de temperatura menores a la de procesamiento.
- Tomar muestras de la manga manteniendo los valores de procesamiento y variando la velocidad del tornillo de extrusión.

6. CALCULOS Y RESULTADOS

Llenar las hojas anexadas con datos y resultados de la prueba.

7. ACTIVIDADES DEL ALUMNO

- 7.1 Comprobar visualmente diferencias entre las muestras obtenidas.
- 7.2 Comparar dimensiones de espesores.
- 7.3 Comparar los datos obtenidos en las diferentes pruebas.
- 7.4 Establecer los parámetros de la práctica.
- 7.5 Presentar los resultados obtenidos.

8. CUESTIONARIO

- 8.1 ¿De qué se trata el proceso de extrusión de película soplada?
- 8.2 ¿Cuáles son los factores fundamentales a considerar dentro del proceso de película soplada?
- 8.3 ¿Cuáles son los efectos de la temperatura de extrusión?
- 8.4 ¿Qué es y en que afecta la altura de la línea de enfriamiento?

INFORME

a. Como marco teórico se debe abordar y profundizar los siguientes temas:

- 1. Proceso de extrusión de película soplada.
- 2. Proceso de extrusión de película soplada multicapa.

LOS CRITERIOS DE EVALUACION serán de acuerdo al análisis de resultados, y en función de las conclusiones.

9. BIBLIOGRAFIA

- [1] **Beltrán Rico, M., Marcilla Gomis, A.** *Tecnología de Polímeros "Procesado y propiedades"*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.
- [2] **Dr. Collin. 2012.** *Manual de Operación Blown Film "BL50 T"*.

PROCESO DE EXTRUSION DE PELÍCULA SOPLADA

DATOS DE LA PRUEBA:

Tipo de polímero utilizado: _____

Temperaturas de procesamiento:

PRUEBA N°1				
TEMPERATURA (°C)		DATOS PROCESO		
Z1		TM	°C	<i># vueltas aire:</i>
Z2		P1	BAR	<i>Velocidad Rodillo Guía:</i> RPM
Z3		n1	RPM	<i>Velocidad bobinador:</i> RPM
Z4		I1	A	<i>Observaciones:</i>
Z5				

PRUEBA N°2				
TEMPERATURA (°C)		DATOS PROCESO		
Z1		TM	°C	<i># vueltas aire:</i>
Z2		P1	BAR	<i>Velocidad Rodillo Guía:</i> RPM
Z3		n1	RPM	<i>Velocidad bobinador:</i> RPM
Z4		I1	A	<i>Observaciones:</i>
Z5				

PRUEBA N°3				
TEMPERATURA (°C)		DATOS PROCESO		
Z1		TM	°C	<i># vueltas aire:</i>
Z2		P1	BAR	<i>Velocidad Rodillo Guía:</i> RPM
Z3		n1	RPM	<i>Velocidad bobinador:</i> RPM
Z4		I1	A	<i>Observaciones:</i>
Z5				

ANALISIS DE RESULTADOS:

1) *Resultados de la inspección visual (características de las muestras):*

2) *Resultados de las mediciones realizadas:*

Figura 2: Perfil de Temperaturas Utilizadas

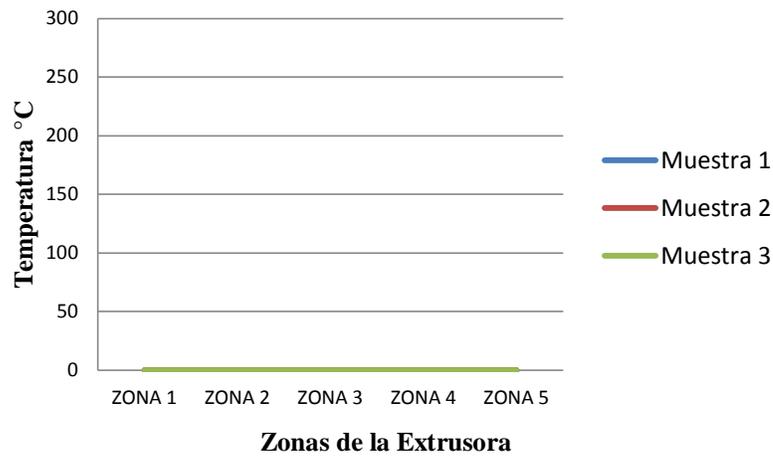


Figura 3: Espesor vs Velocidad Tornillo

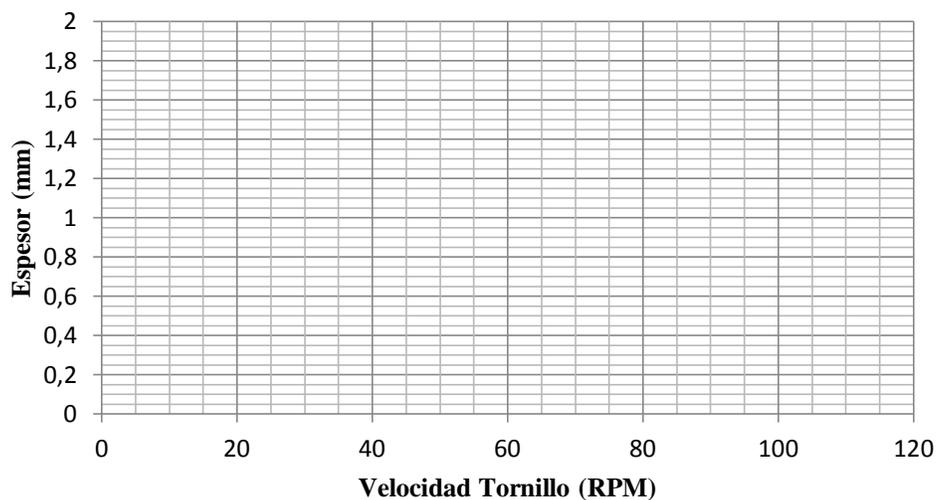
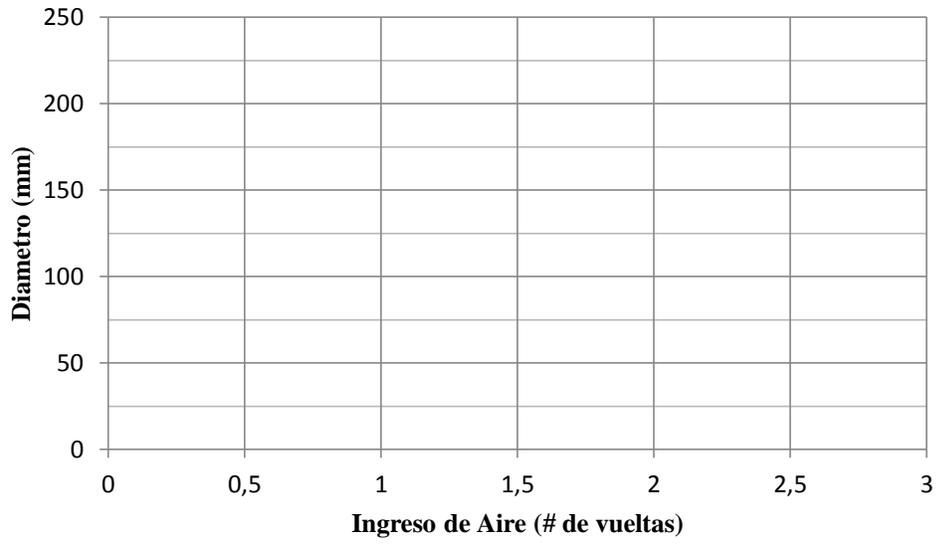


Figura 4: Diámetro de Film vs Ingreso de Aire



RECOMENDACIONES:

CONCLUSIONES:

5.2.3 GUÍA DE PRÁCTICA PROCESO DE EXTRUSIÓN DE TUBO

PRACTICA N°	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
5	1.5 horas	PUESTA A PUNTO DEL EQUIPO DE EXTRUSION DE TUBERIA	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Conocer las diferentes partes y el funcionamiento del equipo para tubería.
- Instalar los equipos para el proceso.
- Configurar los equipos para el proceso.

2. METODO

En esta práctica se presenta el proceso a seguir para la instalación, la configuración y el uso de los equipos para el proceso de tubería.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

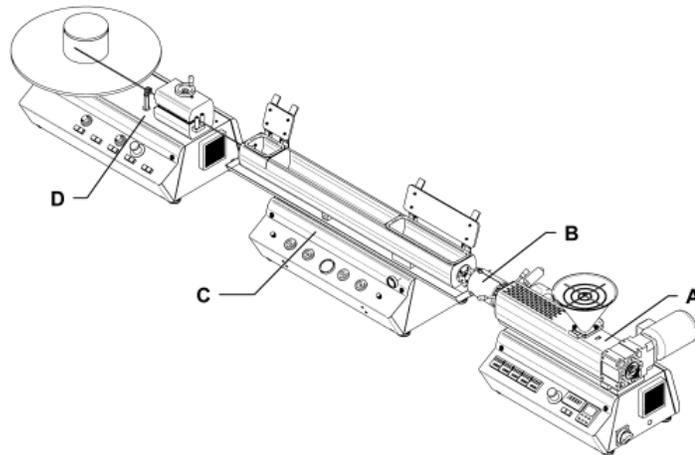
Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Vacuum	Collin	VKT 1000T
Arrastre y Bobinado	Collin	BAW 130 T" + "WR 650 T

Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

Este sistema consiste en la máquina de extrusión (A), el dado para tubos (B), la unidad de calibración (C) y el sistema de arrastre y bobinado (D).

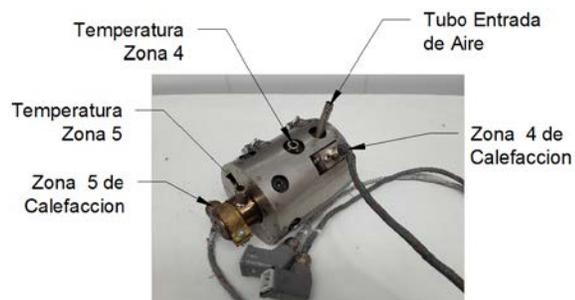
Figura 1: Sistema de Tubería



Fuente: Manual de Operación Extrusora "E20 T"

El dado para tubos consta de dos zonas de calefacción y dos zonas para la medición de la temperatura mediante termocuplas. En la parte superior consta de un tubo de ingreso de aire para conseguir formar el tubo, ver figura 2.

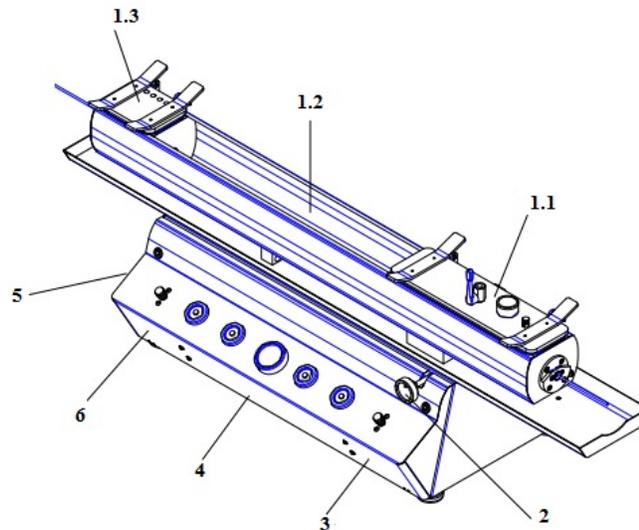
Figura 2: Partes de dado para tubo



Fuente: El Autor

- **PARTES DEL VACUUM “VKT 1000 T”**

Figura 3: Partes de Vacuum “VKT 1000 T”



Fuente: Adaptado de Manual de Operación Vacuum "VKT 1000T"

Tabla 2: Partes de la Maquina “VKT 1000 T”

Pos.	Designación
1	Grupo Depósito
1.1	Tanque de Vacío
1.2	Tanque de Refrigeración
1.3	Tanque de Soplado
2	Unidad de Desplazamiento (mango giratorio)
3	Sistema de Refrigeración y de tuberías (en el bastidor inferior)
4	Bastidor Inferior
5	Suministro eléctrico - Cinta de Descarga de Conexión
6	Neumático (en el bastidor inferior)

Fuente: El Autor

1) Grupo Deposito

El grupo de tanques consiste en el vacío, el tanque de enfriamiento y de soplado, el tubo de recirculación de agua y el tanque de recirculación de agua [1].

1.1) Tanque de Vacío

El tanque de vacío tiene una presión absoluta de 0,5 a 0,8 bar. El nivel del agua debe ser de aprox. 10 - 20 mm más alta que el tubo para permitir un enfriamiento completo y

constante. En la figura 1.45 se puede observar que el agua entra en el tanque por debajo de (e_3) y es soplado-off de la bomba de vacío (VAK) a través de un tubo de succión (R_2) [1]. La presión negativa se puede ajustar mediante una válvula de regulación de vacío (s). Es necesario de una válvula para la ventilación del tanque (b). El manómetro de presión (m) indica la presión absoluta.

En el tanque de vacío, se instala el soporte del disco de calibración (B) con el disco o casquillo de calibración.

1.2) Tanque de Refrigeración

El tanque de enfriamiento también se llena hasta arriba del tubo. Sin embargo, en el desbordamiento, el agua fluye directamente en el tubo de recirculación de agua. Para el sellado, la reducción de un disco se monta en la dirección de marcha en la entrada y la salida [1].

1.3) Tanque de Soplado

Al final del tanque de soplado, un dado de expulsión está instalado que seca el agua de enfriamiento del tubo.

Las secciones de los moldes de soplado se adaptan a las dimensiones del tubo a través de diversas inserciones. Los orificios de evacuación de aire están situados en la tapa del depósito que sirve como protección contra salpicaduras [1].

2) Unidad de Desplazamiento

Los tanques se pueden deslizar a lo largo de una cremallera de engranaje en el bastidor con un piñón de husillo. Esto permite que la distancia deseada a la matriz pueda ser ajustada [1].

- V8 Válvula de aguja:** Regulación de la cantidad de purga.
- V4 Válvula:** Cantidad de entrada al tanque de enfriamiento.
- V3 Válvula:** Cantidad de entrada al tanque de vacío
- T Termómetro:** Temperatura del agua de refrigeración en el distribuidor de agua.
- V10 Válvula:** La cantidad de suministro de agua potable.
- V2 Válvula:** Cantidad de suministro de agua en el disco de calibración.
- V7 Válvula de aguja:** La regulación del agua de sellado al vacío de la bomba.
- e1: Entrada de agua de refrigeración para la calibración: (Pre-enfriamiento):** Solamente muy pequeñas cantidades de agua es necesaria. Con la ayuda de la válvula (V2) la corriente de agua puede ser muy bien ajustado.
- e2: Entrada de agua de refrigeración para el tanque de vacío:** El agua de refrigeración siempre debe ser de aprox. 1-5 litros/min. Esto se obtiene cuando el grifo de agua (V3) sólo se activa aprox. 1 a 2 vueltas.
- e3: Entrada de agua de refrigeración al tanque de enfriamiento:** El agua de refrigeración siempre debe ser de aprox. 1-5 litros/min. Esto se obtiene cuando el grifo de agua (V4) sólo se activa aprox. 1 a 2 vueltas.
- a1, a4, a5, a3: Salida de agua de refrigeración:** (a1), (a4), (a5) para el flujo libre en el tubo de circulación de agua y luego a través de (a3) en el tanque.
- a2: Salida de la bomba de vacío:** El derrame de agua (a2) es al mismo tiempo la boquilla de succión de vacío (R2).
- a7: Vaciado del depósito de recirculación de agua:** Válvula de bola abierta (V6).
- a8:** Salida de agua
- s: Válvula de regulación de vacío:** La válvula de regulación de vacío sirve para regular la depresión en el depósito de vacío de forma extremadamente precisa.
- m: Manómetro de presión:** Indicación de la depresión en el tanque de vacío.
- b: Válvula de aireación:** Con la apertura de la válvula de bola, el aire entra en el tanque. Esto es necesario si la tapa del depósito se ha de abrir, pero todavía existe vacío en el

tanque o para llegar a un vacío de baja a alta la capacidad de la bomba de vacío.

H: Borde del depósito de desbordamiento de recirculación de agua: Debido a la entrada de agua fresca continua, el agua se eleva hasta que se ejecuta por el borde de rebose.

B: Inserción de calibración: El titular de la calibración se coloca en el comienzo del tanque de vacío y se suministra con agua por separado. Las cantidades están reguladas por medio de  una válvula (V2).

T: Termómetro: Este termómetro se sumerge en el agua de refrigeración en la distribución de agua e indica la temperatura real. La temperatura del agua en los tanques sólo se reduce mediante la adición de agua de enfriamiento. Por otra parte, la válvula (V10) se ajusta a aprox. 2-5 litros/min. Esto se obtiene cuando el grifo de agua (V10) se gira aprox. 1 a 2 vueltas.

V2: Válvula de disco de calibración: Abrir la válvula (V2)  para ajustar la cantidad de flujo de entrada de agua. No abra las válvulas demasiado, ya que de lo contrario el agua de salida puede salpicar por encima.

V7: Válvula de aguja para el agua de sellado de la bomba de vacío: La bomba de vacío es una bomba de anillo de agua que sólo aspira el aire si el impulsor de la bomba se sella con agua contra el alojamiento. Debido a que la cantidad de agua aspirada desde el depósito de vacío puede variar y por lo tanto el vacío también podría variar, sellado de agua está dirigido deliberadamente a la carcasa de la bomba. La cantidad se puede ajustar mediante la válvula de aguja (V7) .

V10: Suministro de agua de refrigeración: La válvula (V10)  regula el suministro de, agua de refrigeración fría y, al hacerlo, se regula la temperatura.

VAK: Bomba de vacío: Esta bomba de vacío es una bomba de anillo de agua que requiere un flujo continuo de agua de 2-4 litros/min cuando está en funcionamiento.

WP: Bomba de circulación de agua: La bomba de circulación de agua está diseñado

como una bomba de pozo húmedo y que está montado en el tanque de recirculación de agua. El agua de refrigeración se bombea continuamente en los tanques a través del distribuidor de agua. Una parte del agua fluye a la calibración.

4) Bastidor Inferior

El vacío, el enfriamiento y el tanque de soplado se atornillan hacia abajo con el tubo de circulación de agua y montadas con columnas de guía sobre el bastidor inferior. Las bombas con depósito de recirculación de agua y válvulas están integradas en el bastidor inferior.

5) Suministro Eléctrico - Cinta de Descarga de Conexión

La fuente de alimentación para la calibración y las bombas de la unidad de refrigeración se proporciona por medio de enchufes de la unidad de Arrastre de Correa y Unidad de Bobinado "BAW 130 T" + "WR 650 T"

La calibración y las bombas de la unidad de refrigeración están conectadas a la toma de corriente de 230V. La bomba de circulación de agua está conectada a la pequeña toma de 24V.

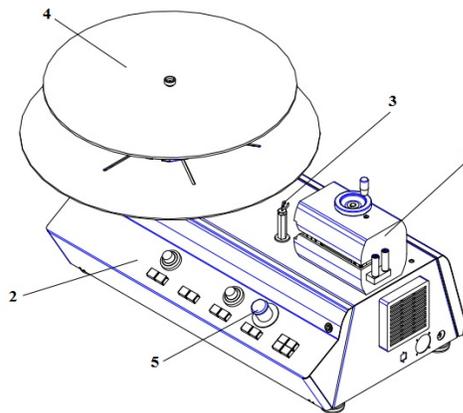
Si se activa un botón de parada de emergencia, la bomba de circulación de agua y la bomba de vacío también se detendrá debido a la relación de parada de emergencia de la Extrusora "E 20 T" y la unidad "BAW 130 T".

6) Neumático (En el Bastidor Inferior)

La válvula de aguja (V8)  para ajustar la cantidad de aire de soplado del dado está situada en el extremo izquierdo del panel de control.

- **PARTES DEL EQUIPO DE ARRASTRE Y BOBINADO**

Figura 6: Partes de la Máquina "BAW 130 T" + "WR 650 T"



Fuente: Adaptado de Manual de Operación "BAW 130 T" + "WR 650 T"

Tabla 4: Partes de la Máquina "BAW 130 T" + "WR 650 T"

Pos.	Designación
1	Unidad de Arrastre
2	Subcabinas de Control
3	Unidad de Alineamiento
4	Disco Enrollador
5	Instalaciones de Seguridad

Fuente: EL Autor

Subcabinas de Control

- **Panel de Control**

Figura 7: Panel de Control "BAW 130 T" + "WR 650 T"



Fuente: El Autor

Todos los elementos de control están incluidos en el panel de control. Esto también

incluye los elementos de control eléctrico de la calibración y la unidad de refrigeración.

A continuación se describe cada elemento de control:

- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Bomba de Circulación de Agua



- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Bomba de Vacío



- Botón verde/rojo
Control Encendido, Control Apagado



- Botón de Parada de Emergencia

- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Correa de Arrastre



- Potenciómetro
Regulador de la Velocidad de la Correa de Arrastre

- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Unidad de Alineamiento



- Botón verde/rojo (encendido/apagado)
Disco Enrollador



- Potenciómetro
Regulador de Tensión de Tracción del Disco Enrollador

Descripción individual del control y elementos de visualización

- **Interruptor Principal**

El enchufe especial que se conecta en la Extrusora “E 20T”, funciona como el interruptor principal de la unidad de arrastre y del disco enrollador. El cable de conexión está

construido de manera que tanto la fuente de alimentación y el enlace de parada de emergencia se puede efectuar.

- **Botón** 

La correa de arrastre con el disco enrollador se enciende mediante el botón verde, es decir que está listo para funcionar. Después de esto, todas las demás funciones se pueden activar. El cinturón de despegue con el disco enrollador se apaga con el botón rojo [2].

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para activar la bomba de circulación de agua para la calibración y la unidad de refrigeración. El botón rojo se utiliza para desconectar la bomba de circulación de agua para la calibración y la unidad de refrigeración [2].

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para activar la bomba de vacío para la calibración y la unidad de refrigeración. El botón rojo se utiliza para desactivar la bomba de vacío.

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para conectar la unidad de la correa arrastre. El botón rojo se utiliza para desactivar la unidad de nuevo.

La velocidad de la correa arrastre se ajusta mediante el potenciómetro asociado.

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para conectar la unidad lineal para el dispositivo de alineación. El botón rojo se utiliza para apagar la unidad.

- **Botón** 

El botón verde se utiliza para encender la unidad para el disco enrollador. El botón rojo se utiliza para apagar la unidad.

El esfuerzo de tracción de disco enrollador se ajusta utilizando el potenciómetro asociado [2].

Instalaciones de Seguridad

La correa de arrastre con el disco enrollador tiene un interruptor de parada de emergencia en el panel de control.

La activación del interruptor de parada de emergencia desconecta la tensión de control inmediatamente. Para reanudar la tensión de control se debe activar de nuevo.

Las demás funciones se deben iniciar de nuevo en la secuencia deseada.

5. DESARROLLO

5.1 PRECAUCIONES

- Llevar el equipo necesario para la seguridad personal.
- Verificar que el sistema de seguridad del equipo este en correcto funcionamiento.
- Verificar que el sistema de seguridad del laboratorio esté disponible y en total funcionalidad.

5.2 PROCEDIMIENTO

5.2.1 MONTAJE DEL DADO PARA TUBERIA

Para el montaje del dado para tubería es necesario que la extrusora se encuentre caliente.

Para el montaje verificamos que:

- Las superficies de unión entre la extrusora y el dado se encuentren libres de cualquier residuo de material. Ver figura 8,

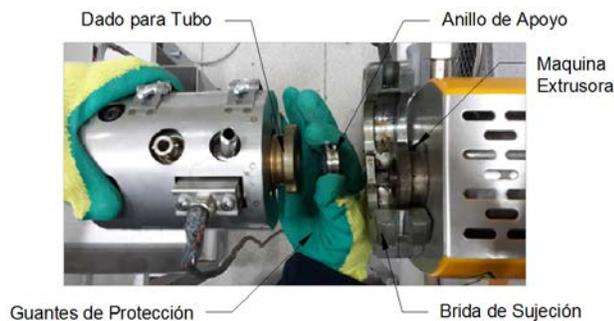
Figura 8: Preparación del Equipo



Fuente: El Autor

Luego de verificar que todo esté en su posición y tanto los cables como tomas se encuentren en buen estado, se procede a montar el dado en la extrusora mediante la brida de sujeción y el anillo de apoyo. Ver figura 9.

Figura 9: Preparación del Equipo



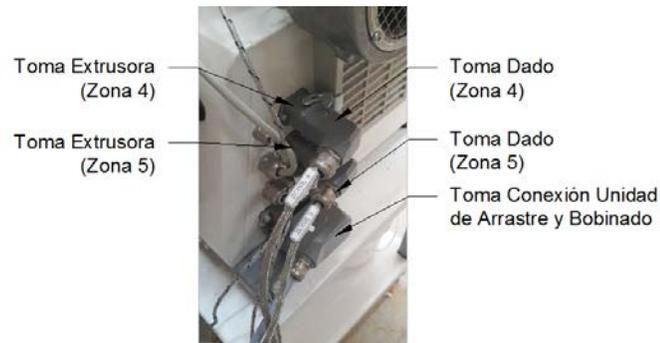
Fuente: El Autor

Para la conexión de energía y las diferentes zonas de calefacción del dado se procede a apagar la extrusora momentáneamente y luego a:

- Conectar la toma de la Zona 4, con la toma de la Zona 4 de la extrusora.
- Conectar la toma de la Zona 5, con la toma de la Zona 5 de la extrusora.
- Conectar la toma principal de la unidad de arrastre y bobinado con la extrusora.

Nota: *Los nombres de las zonas tanto del dado como de la extrusora deben coincidir.*

Figura 10: Conexión a Extrusora



Fuente: El Autor

Para el control de temperatura del dado para tubería se debe conectar las termocuplas de las Zonas 4 y 5, como se muestra en la figura 11.

Figura 11: Conexión de Termocuplas



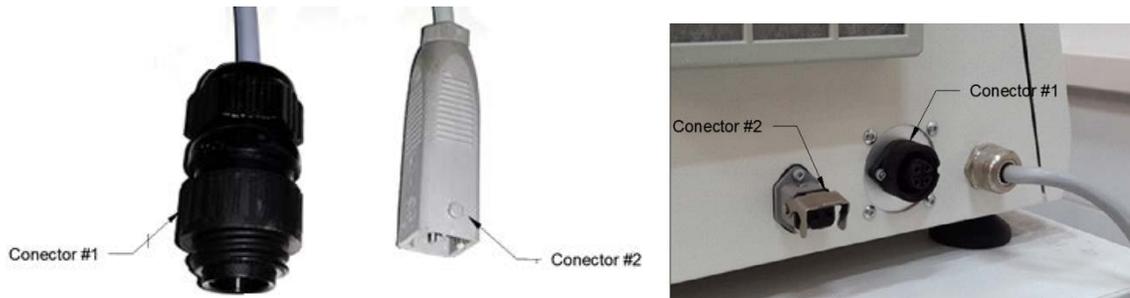
Fuente: El Autor

5.2.2 MONTAJE DEL VACUUM “VKT 1000 T” Y EL EQUIPO DE ARRASTRE Y BOBINADO "BAW 130 T"+"WR 650 T"

Primero se debe conectar el equipo de arrastre y bobinado "BAW 130 T"+"WR 650 T" a la extrusora por medio de la toma principal. (apagar extrusora). El Vacuum “VKT 1000 T” se energiza por medio de dos conectores como se muestra en la figura 12 al primer equipo mencionado.

- Conector #1: Energía de la bomba de vacío.
- Conector #2: Energía de la bomba circulación.

Figura 12: Conectores para energía del Vacuum "VKT 100 T"



Fuente: El Autor

La conexión del agua de refrigeración (1/2" rosca interna) que se encuentra a la izquierda del equipo se la hace directamente a la red de agua, se recomienda que el agua se encuentre fría por debajo de 12 °C y con presión entre 3-8 bar. Para la salida de agua (1" rosca interna) que se encuentra al lado derecho, se conecta una manguera que vaya a la descarga al nivel del suelo.

Para la conexión del aire comprimido es necesaria una manguera de Ø6mm que se encuentra sobre la entrada de agua. Figura 13.

Figura 13: Conexión de Agua y Aire del Vacuum "VKT 100 T"



Fuente: El Autor

5.2.3 PUESTA EN MARCHA DEL VACUUM "VKT 1000 T" Y DEL EQUIPO DE ARRASTRE Y BOBINADO "BAW 130 T"+"WR 650"

En primer lugar de debe comprobar el funcionamiento de la parada de emergencia en el equipo de arrastre y bobinado "BAW 130 T"+"WR 650".

A continuación se activan los controladores con el botón On .

Los tubos de desbordamiento (R1, R2) deben estar colocados en su posición.

Las posiciones de las válvulas se deben ajustar de la siguiente manera:

- *Tanque de recirculación de agua y la válvula de drenaje (V6):* cerrado.

- *Enfriamiento en el disco calibración (V2)* : cerrado

- *Regulación del agua de sellado al vacío de la bomba (V7)* : posición medio abierto.

- *Entrada del tanque de vacío (V3)* : ½ de vuelta abierta.

- *Entrada del tanque de enfriamiento (V4)* : ¼ de vuelta abierta.

- *Entrada de agua de refrigeración (V10)* : ¼ - ½ de vuelta abierta.

Las tapas de los depósitos permanecen abiertas en estas operaciones.

A continuación se conecta la bomba de circulación de agua (WP), utilizando el botón



de encendido en el equipo de arrastre y bobinado “BAW 130 T”+“WR 650”.

Una pequeña cantidad de agua se recircula en el tanque de agua de recirculación a través de la bomba de vacío. El resto fluirá en los tanques superiores.

Si el nivel del agua alcanza el tubo de desbordamiento del tanque de vacío, se procede a

encender la bomba de vacío (VAK) se puede desactivar mediante el botón .

Si el tanque de enfriamiento también se llena hasta el tubo de desbordamiento, se reduce la cantidad de agua de refrigeración con la válvula (V10) (abierto aprox. 1 vuelta).

La cantidad de entrada de agua al tanque de vacío se ajusta con la válvula (V3) de tal manera que con el funcionamiento de la bomba de vacío de agua fluye constantemente

en la salida (A2) a través del borde del tubo.

NOTA: *No se permite que la bomba de vacío permanezca más de 2 minutos sin agua. Tenga en cuenta que la bomba de vacío se encuentre con suficiente agua por el tubo de desbordamiento del tanque de vacío.*

El vacío se puede ajustar con la válvula (s) de regulación de vacío. Si el valor seleccionado es menor de 40 a 50 mbar, la válvula de ventilación se debe abrir con el fin de llegar a la gama de regulación.

La cantidad de entrada al tanque de enfriamiento se ajusta con la válvula (V4) de una manera tal que el agua fluye constantemente a través del borde del tubo en la salida (A4).

La válvula (V2) debe ser abierta y se ajusta a la cantidad de entrada deseada para el soporte de calibración.

Luego se procede a:

- Dirigir el tubo a través del equipo “VKT 1000 T”
- El tubo se hace pasar por las correas guías con poca velocidad.
- Si es necesario se realiza un pre-ajuste de las correas, de tal manera que se realice un arrastre correcto.
- Luego se enrolla el tubo alrededor de la bobinadora.
- Se enciende la bobinadora con el pulsador .
- Se ajusta la velocidad con el potenciómetro asociado.
- Dirigir el tubo por el anillo guía.
- Encienda la unidad de alineación lineal con el pulsador .

La tapa del depósito del tanque de soplado estará cerrada y se ajusta la cantidad de aire. Los rodillos de presión en el tanque de enfriamiento y vacío están ajustados para evitar que el tubo flote.

El aire comprimido para el dado de soplado, se puede ajustar como se desee.

- **Operación de Apagado**

La bomba de circulación de agua se apaga con el botón  en el control del equipo de arrastre y bobinado “BAW 130 T”+“WR 650”.

Se cierra la válvula de entrada de agua (V10).

Una vez que la purga de aire está apagada se puede abrir la tapa del depósito.

El tubo de rebose (R2) en el tanque de vacío se extrae. Al hacerlo, la bomba de vacío succiona el agua en el tanque de vacío y del tanque de recirculación (Figura 4). Si el tanque de vacío se encuentra vacío, se puede retirar también el tubo de rebosamiento (R1).

Una vez que toda el agua es retirada del tanque de vacío, es necesario apagar la bomba de vacío con el botón Off .

Realizado todos los pasos anteriores se procede a retirar los rodillos y a la limpieza del equipo.

6. OBSERVACIONES

7. BIBLIOGRAFIA

- [1] **Dr. Collin. 2012.** *Manual de Operación Calibration Cooling Unit "VKT 1000 T"*.
- [2] **Dr. Collin. 2012.** *Manual de Operación Belt Take-Off with Disc Winder "BAW 130 T" + "WR 650"*.

PRACTICA Nº	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
6	1.5 horas	PROCESO DE EXTRUSION DE TUBO	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Manejar variables del proceso.
- Obtener una muestra con diferentes variables del proceso.
- Analizar los resultados obtenidos, de las muestras obtenidas.

2. METODO

El proceso de extrusión de tubo se realiza mediante el equipo Vacuum “VKT 1000 T” y de arrastre y bobinado “BAW 130 T”+“WR 650”, para determinar características diferencias entre las muestras obtenidos con el manejo de las variables del proceso.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Vacuum	Collin	VKT 1000T
Arrastre y Bobinado	Collin	BAW 130 T" + "WR 650 T

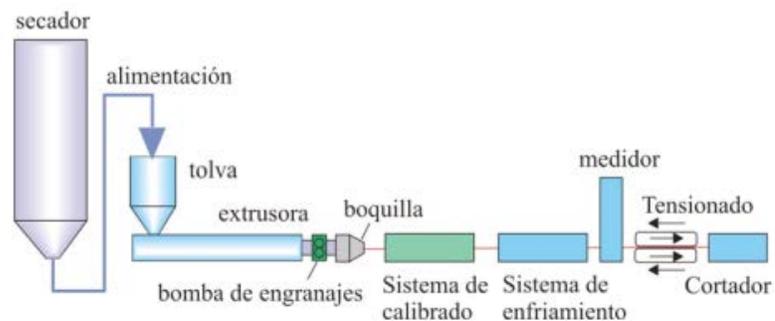
Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

En la figura 1 se pueden observar los principales componentes de una línea de extrusión de tubos (diámetro inferior a 10 mm) y tuberías (diámetro mayor). Estas líneas consisten en una extrusora, una boquilla anular, un sistema de calibrado y uno de enfriamiento,

una zona de tensionado y un cortador (si es necesario). La bomba de engranajes antes de la boquilla puede estar o no dependiendo de la precisión de la extrusión, al igual que el secador que alimenta a la tolva. Por lo general, el sistema de calibrado se encuentra inmediatamente después de la boquilla y puede ser de calibrado del diámetro externo o interno. En el sistema de calibrado externo se aplica aire a presión que se introduce por el interior de la boquilla o vacío desde el exterior para forzar a que el material tome la forma de un tubo externo. En el sistema de calibrado interno la boquilla tiene un mandril que se prolonga fuera de la máquina fijando el diámetro interno deseado. El diámetro de la pared se controla normalmente con un láser calibrador [1].

Figura 1: Línea de Extrusión de Película Soplada



Fuente: Beltrán M. y Marcilla "Tecnología de Polímeros"

Para la extrusión de tubos y tuberías se emplean básicamente PVC y poliolefinas como HDPE, PP y LDPE, generalmente para la obtención de conducciones para agua y alcantarillado, así como para gases y líquidos a presión. Estos materiales ofrecen unas excelentes características en largos periodos de tiempo, con poco desgaste y con un precio relativamente bajo. PB, XLPE y CPVC son utilizados para aplicaciones a presión con elevadas temperaturas, como calentadores domésticos [1].

La velocidad de producción está limitada por lo general por la velocidad a la que el material puede ser enfriado, que básicamente depende del diámetro y del espesor de pared de la pieza. Por ejemplo, para tubos de diámetro de 2.5 mm y 0.4 mm de espesor

de pared la velocidad de extrusión puede ser de 4 ms^{-1} , mientras que para tuberías de 1 m de diámetro externo y 60 mm de espesor de pared una velocidad de producción típica podría ser de 3 mh^{-1} [1].

5. DESARROLLO

5.1 PREPARACION Y AJUSTE DEL EQUIPO

- Verificar que se cuente con todos los elementos para la práctica como: materia prima, seguridad para el operario, herramientas necesarias.
- Encender la extrusora y ajustar los valores de temperaturas e iniciar la fase de calentamiento.
- Verificar que todos los equipos para la extrusión de tubos estén montados.
- Inspeccionar que todos los elementos de parada de emergencia estén en buen estado y en completo funcionamiento.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para asegurar el éxito en la ejecución del proceso de extrusión de tubos es importante tener presente siempre los siguientes aspectos:

- Identificar claramente la naturaleza del polímero a utilizar.
- Determinar las variables que se pueden manejar en el proceso, esto es: temperatura, velocidad de extrusión.
- Encender el equipo de arrastre y bobinado "BAW 130 T"+"WR 650"

[].
- Verificar que los tubos de desbordamiento (R1, R2) deben estar colocados en su posición.
- Ajustar la posición de las válvulas en el panel de control del Vacuum "VKT 1000 T".

- Encender la bomba de circulación de agua [].
- Proceder al llenado de los tanques.
- Encender la bomba de vacío [].
- Las tapas de los depósitos permanecen abiertas en estas operaciones.

Para iniciar el proceso que pulsa el botón [, para encender el tornillo de la extrusora, se recomienda iniciar a velocidades bajas.

Una vez que empieza a salir la manga de polímero del dado de extrusión, esta se debe dirigir por el vacuum atravesando todos los agujeros hasta llegar al tanque de soplado y a su vez dirigir a equipo de arrastre y bobinado. Es necesario el uso de guantes resistentes a altas temperaturas y de las herramientas adecuadas.

PRECAUCION: *Nunca llevar las manos al espacio entre los rodillos del equipo de arrastre.*

A continuación se procede con los siguientes pasos:

- Calibrar una velocidad adecuada para el tornillo de extrusión.
- Calibrar la velocidad del equipo de arrastre.
- Calibrar la velocidad del equipo de bobinado.
- Cerrar las tapas de los depósitos.
- Calibrar el vacío para conseguir un diámetro exterior uniforme.
- Obtener un perfil de temperaturas óptimo.
- Obtener un tubo de diámetro constante para la toma de muestras.
- Tomar muestras del tubo manteniendo los valores de temperatura y variando la velocidad del tornillo de extrusión.

6. CALCULOS Y RESULTADOS

Llenar las hojas anexadas con datos y resultados de la prueba.

7. ACTIVIDADES DEL ALUMNO

7.1 Comprobar visualmente diferencias entre las muestras obtenidas.

7.2 Comparar dimensiones de espesores.

7.3 Comparación de datos obtenidos en las diferentes pruebas.

8. CUESTIONARIO

8.1 ¿De qué se trata el proceso de extrusión de tubos?

8.2 ¿Cuáles son los factores fundamentales a considerar dentro del proceso de extrusión de tubos?

8.3 ¿Cuáles son los efectos de la velocidad del tornillo?

INFORME

a. Como marco teórico se debe abordar y profundizar los siguientes temas:

1. Proceso de extrusión de tubos.
2. Influencia de aplicar vacío para el sistema de calibrado.

LOS CRITERIOS DE EVALUACION serán de acuerdo al análisis de resultados, y en función de las conclusiones.

9. BIBLIOGRAFIA

[1] **Beltrán Rico, M., Marcilla Gomis, A.** *Tecnología de Polímeros "Procesado y propiedades"*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.

PROCESO DE EXTRUSION DE TUBOS

DATOS DE LA PRUEBA

Tipo de polímero utilizado: _____

Temperaturas de procesamiento:

Tabla 2: Datos Obtenidos

	TEMPERATURA °C					DATOS PROCESO			
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	TM (°C)	P1 (BAR)	n1 (RPM)	II (A)
MUESTRA 1									
MUESTRA 2									
MUESTRA 3									
MUESTRA 4									

ANALISIS DE RESULTADOS:

1) *Resultados de la inspección visual:*

2) *Resultados de las mediciones realizadas:*

Figura 2: Perfil de Temperaturas Utilizado

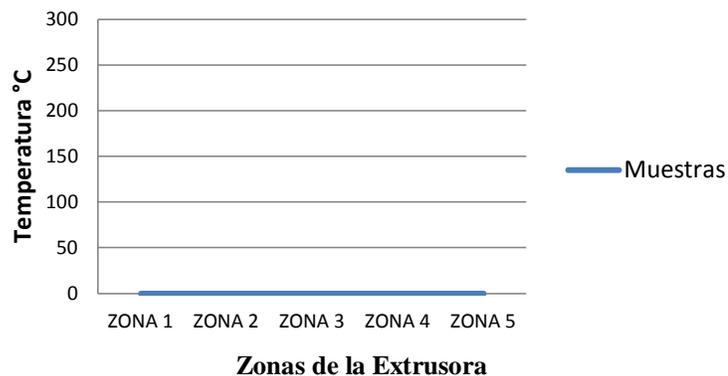
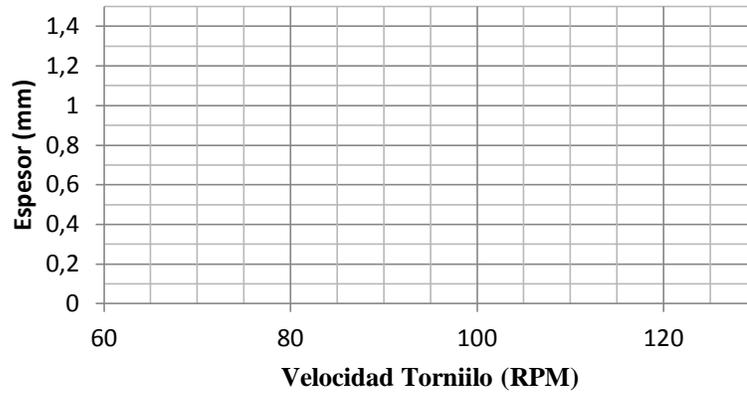


Figura 3: Espesor vs Velocidad del Tornillo



RECOMENDACIONES:

CONCLUSIONES:

5.2.4 GUÍA DE PRÁCTICA PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PELÍCULA PLANA

PRACTICA N°	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
5	1 hora	PUESTA A PUNTO DEL EQUIPO DE PELÍCULA PLANA	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Conocer las diferentes partes y el funcionamiento del equipo de película plana.
- Instalar los equipos para el proceso.
- Configurar los equipos para el proceso.

2. METODO

- En esta práctica se presenta el proceso a seguir para la instalación, la configuración y el uso de los equipos para el proceso de película plana.

3. EQUIPOS

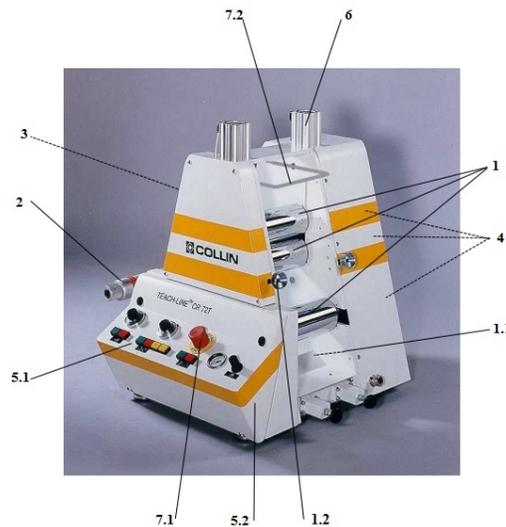
Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Flat Film	Collin	CR 72T

Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

Figura 1: Partes del Flat Film "CR 72T"



Fuente: Manual de Operación Flat Film "CR72 T"

Tabla 1: Partes del Flat Film "CR 72T"

<i>Pos.</i>	<i>Designación</i>
1	<i>Grupo de Rodillos</i>
1.1	<i>Motor</i>
1.2	<i>Ajuste entre Rodillos</i>
2	<i>Bobinadora</i>
3	<i>Desbobinador (opcional)</i>
4	<i>Calefacción del Rodillo</i>
5	<i>Equipo Eléctrico</i>
5.1	<i>Panel de Control</i>
5.2	<i>Armario de Distribución</i>
6	<i>Sistema Neumático</i>
7	<i>Equipo de Seguridad</i>
7.1	<i>Botón de Parada de Emergencia</i>
7.2	<i>Basculante de Parada de Emergencia</i>

Fuente: El Autor

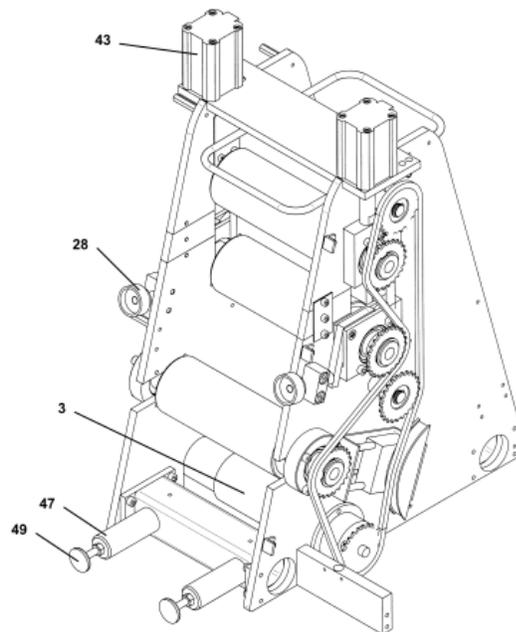
1) Grupo de Rodillo (Rodillo Frio)

El componente principal de la Laminadora es el grupo de rodillos.

El grupo de rodillos se compone de tres rodillos que están diseñados con paredes dobles para la calefacción o el enfriamiento. Un dispositivo de temperatura externa se tiene que conectar para cumplir esta función.

En la figura 2 se puede observar que el rodillo superior se puede cerrar neumáticamente con dos cilindros (43). La fuerza de presión se ajusta a través de un controlador de presión y permite una fuerza lineal de aprox. 20 - 80 N /cm.

Figura 2: Despiece Flat Film "CR 72T"



Fuente: Manual de Operación Flat Film "CR72 T"

1.1) Motor

Los rodillos son impulsados por un motor DC (3) controlable a través de la transmisión de la cadena.

1.2) Ajuste entre Rodillos

La distancia entre los rodillos se ajusta usando los tornillos moleteados (28).

Dos tubos con pies ajustables (47, 49) mantienen la distancia a la extrusora.

2) Bobinadora

El dispositivo de bobinado está diseñado como un enrollador central. La bobinadora tiene un motor DC independiente con momento de torsión controlado.

4) Calefacción de Rodillos

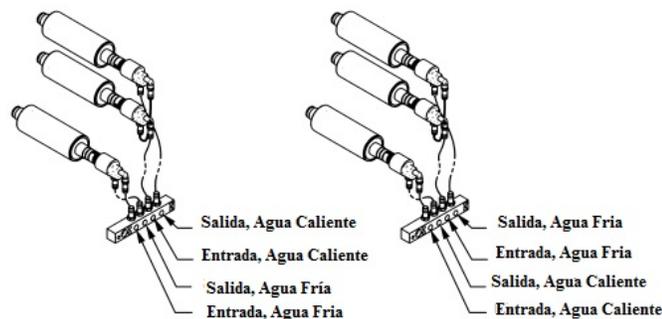
Para la calefacción de los rodillos, se tiene que utilizar un dispositivo con el cual se pueda subir o bajar la temperatura del agua.

En la figura 3 se puede observar la configuración de la calefacción dependiendo del proceso que se vaya a realizar.

Figura 3: Configuración de Calefacción

Proceso: Pulido

Proceso: Laminado

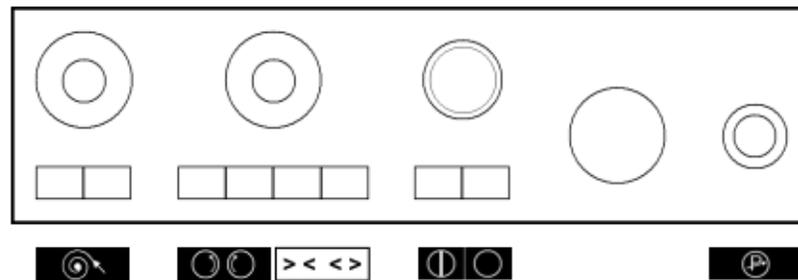


Fuente: Adaptado Manual de Operación Flat Film "CR72 T"

5) Equipo Eléctrico

5.1) Panel de Control

Figura 4: Panel de Control



Fuente: Manual de Operación Flat Film “CR72 T”

Todos los elementos de mando y visualización se alojan en el panel de operaciones.

Estos son:

- Control de Presión



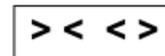
- Manómetro

- Botón rojo y verde (Control On – Off)



- Botón de Parada de Emergencia

- Pulsadores Amarillos (Abrir o Cerrar el Rodillo)



- Botón rojo y verde (Rodillos On – Off)



- Potenciómetro de velocidad del motor

- Botón rojo y verde (Bobinadora On – Off)



- Potenciómetro de la Fuerza de Bobinado

Descripción del funcionamiento de los elementos de la pantalla

El equipo se conecta por medio de un enchufe a la Extrusora “E 20T”. El cable de conexión está construido de tal manera que sirva de fuente de alimentación y en caso de parada de emergencia apague toda la línea.

- **Regulador de Presión**  , **Manómetro**

La presión se puede ajustar a través del regulador de presión y leer en el manómetro.

- **Botón** 

El rodillo de enfriamiento se activa con el pulsador verde, es decir, está listo para su funcionamiento y a continuación, todas las demás funciones se pueden activar. El rodillo de enfriamiento se apaga de nuevo con el pulsador rojo.

- **Pulsador** 

El rodillo superior se mueve hacia el rodillo medio con el botón amarillo [$> <$] y queda en la posición ajustada con los tornillos moleteados. La brecha se abre de nuevo con el pulsador amarillo [$< >$]. Cuando falla la tensión, los rodillos se abren bajo la acción del aire comprimido conectado.

- **Pulsador** 

La unidad para el rodillo de enfriamiento se activa con sólo pulsar un botón verde. Esta unidad se apaga con el pulsador rojo.

La velocidad del rodillo de enfriamiento se ajusta con el potenciómetro asociado.

- **Pulsador** 

La bobinadora se enciende con el pulsador verde.

Esta unidad se apaga de nuevo con el pulsador rojo.

La tensión en la bobinadora se ajusta con el potenciómetro asociado.

6) Sistema Neumático

El accionamiento del rodillo superior, diámetro 72 mm, se produce a través de dos cilindros neumáticos con 40 mm de diámetro del pistón. El controlador de presión requerido para esto se encuentra en la parte delantera de la consola de operaciones. El filtro de aire con trampa se encuentra en el lado de conexión detrás de la cubierta de la

unidad.

La presión se puede ajustar a través del regulador de presión y leer en el manómetro en el panel de operaciones [1].

5. DESARROLLO

5.1 PRECAUCIONES

- Llevar el equipo necesario para la seguridad personal.
- Verificar que el sistema de seguridad del equipo este en correcto funcionamiento.
- Verificar que el sistema de seguridad del laboratorio esté disponible y en total funcionalidad.
- Utilizar las herramientas propias del equipo.

5.2 PROCEDIMIENTO

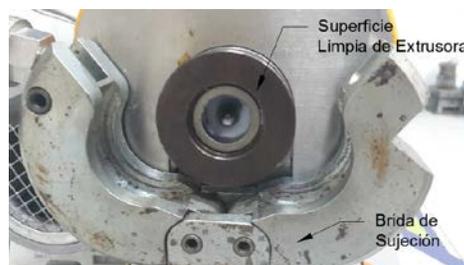
5.2.1 MONTAJE DEL DADO PARA PELÍCULA PLANA

Para el montaje del dado para película plana es necesario que la extrusora se encuentre caliente.

Para el montaje verificamos que:

- Las superficies de unión entre la extrusora y el dado se encuentren libres de cualquier residuo de material. Ver figura 5,

Figura 5: Preparación del Equipo



Fuente: El Autor

Luego de verificar que todo esté en su posición y tanto los cables como tomas se encuentren en buen estado, se procede a montar el dado en la extrusora mediante la brida de sujeción y el anillo de apoyo. Ver figura 6.

Figura 6: Preparación del Equipo

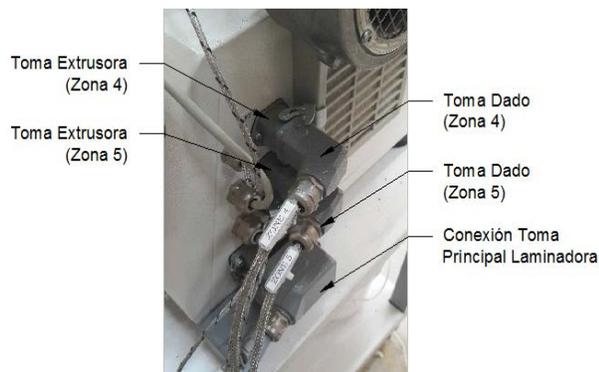


Fuente: El Autor

Para la conexión de energía y las diferentes zonas de calefacción del dado se procede a apagar la extrusora momentáneamente y luego a:

- Conectar la toma de la Zona 4, con la toma de la Zona 4 de la extrusora.
- Conectar la toma de la Zona 5, con la toma de la Zona 5 de la extrusora.
- Conectar la toma principal del equipo de laminado con la extrusora.

Figura 7: Conexión a Extrusora



Fuente: El Autor

Nota: Los nombres de las zonas tanto del dado como de la extrusora deben coincidir.

Para el control de temperatura del dado se debe conectar las termocupas de la Zona 4 y 5, como se muestra en la figura 8.

Figura 8: Conexión de Termocupas



Fuente: El Autor

5.2.2 MONTAJE DEL FLAT FILM "CR 72 T"

Las partes del equipo como los rodillos, se deben limpiar y desengrasar a fondo antes de su puesta en marcha. Para este propósito se debe utilizar un agente de limpieza en frío.

La conexión de agua de refrigeración debe ser hecha en la parte posterior en el colector de distribución, antes de realizar esta operación es necesario evacuar todo tipo de residuo de agua anterior, esta puede ser conectada a la red de agua normal y en el dispositivo de temperatura (opcional), como se muestra en la figura 9.

Figura 9: Conexiones del Equipo



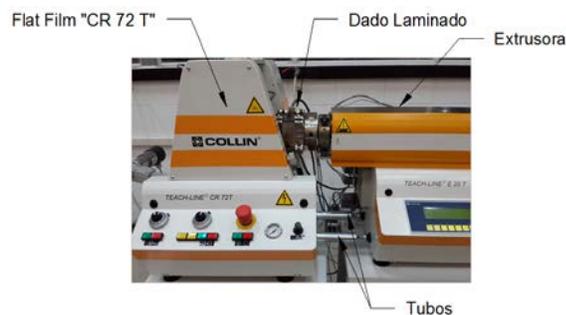
Fuente: El Autor

La conexión de aire comprimido debe ser hecha en la parte posterior en el colector

distribuidor, mediante una manguera para aire comprimido de diámetro 6mm (figura 9).

Colocar el equipo en la posición que se muestra en la figura 10 y ajustar la distancia a la extrusora mediante dos tubos con pies ajustables. Al realizar este paso hay que tener cuidado que el dado no raye o rose los rodillos.

Figura 10: Ajuste de Distancia



Fuente: El Autor

5.2.3 PUESTA EN MARCHA DEL FLAT FILM “CR 72T”

- **Operación de Encendido**

La máquina está lista para funcionar después de conectarla a las redes antes descritas.

- Primero revisar si las funciones de parada de emergencia de la extrusora están en correcto funcionamiento.
- Conectar el accionamiento [ ].
- Encender los rodillos [ ].
- Verificar la apertura y el cierre de los rodillos.
- Comprobar los interruptores de seguridad del Flat Film. El funcionamiento del botón de parada de emergencia o el balancín de parada de emergencia debe tener como resultado lo siguiente:
 1. Elevación del rodillo superior.
 2. Parada de todas las unidades.

- Encender la bobinadora [].

- **Operación**

Para el ajuste del equipo se debe realizar a un pequeño número de revoluciones y con los rodillos abiertos durante la fase de calentamiento. Es necesario esperar un tiempo considerable hasta conseguir uniformidad de la distribución de la temperatura.

NOTA: *No llevar a cabo el ajuste con el rodillo frío, porque existe el peligro de contacto y por lo tanto de causar daños a la superficie del rodillo de calentamiento debido a la expansión de este.*

Para el bobinado de las películas planas, esta debe estar centrada en el tubo de cartón, el tubo de cartón tiene un diámetro de 52 mm (2”) de diámetro interno y 200 mm de longitud.

- **Operación de Apagado**

Para proceder al apagado del equipo se debe:

- Parar la bobinadora.
- Abrir los rodillos.
- Apagar los rodillos.
- Con el interruptor principal apagar todo el equipo.

6. OBSERVACIONES

7. BIBLIOGRAFIA

[1] **Dr. Collin. 2012. Manual de Operación Flat Film “CR 72 T”.**

PRACTICA Nº	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
6	1 hora	PROCESO DE PELÍCULA PLANA	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Manejar variables del proceso.
- Obtener una muestra con diferentes variables del proceso.
- Analizar los resultados obtenidos, de las muestras obtenidas.

2. METODO

- El proceso de película plana se realiza mediante el dado y el equipo Flat Film “CR 72 T”, para determinar características diferencias entre las muestras obtenidos con el manejo de las variables del proceso.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Flat Film	Collin	CR 72T

Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

Proceso con pila de rodillos

La diferencia entre las películas y las láminas es su grosor, considerándose láminas si tienen un grosor superior a 2 mm y películas si éste es inferior. A pesar de que suele hacerse diferenciación, las líneas para películas y láminas son muy similares.

El proceso de pila de rodillos que se muestra en la figura 1 se emplea para la fabricación de láminas que pueden llegar a tener hasta 30 m de ancho. En el caso de láminas tan anchas el control de la temperatura en la boquilla debe ser muy preciso, y por lo general la temperatura se mantiene más alta en los extremos que en el centro de la lámina para evitar que se deforme. Los principales componentes de una línea de este tipo son: la extrusora, la pila de rodillos, la sección de enfriamiento, generalmente formada por una serie de rodillos, la sección de tensionado y el recogedor (figura 1). La pila de rodillos se usa para ejercer presión sobre la lámina, corrigiendo posibles variaciones de espesor, y para determinar la textura de la misma. Si se requiere una superficie lisa, se usan rodillos pulidos y si se necesitan texturas se utilizan rodillos con el dibujo adecuado. La textura del rodillo es el negativo de la textura requerida en la hoja. Es posible producir una hoja con una textura por una cara y lisa por la otra.

La figura 1 muestra una lámina de plástico recorriendo el rodillo central y realizando una trayectoria en forma de S alrededor del rodillo central y dirigiéndose luego hacia arriba. La pila de rodillos en otras ocasiones se dispone de forma que el recorrido es hacia abajo.

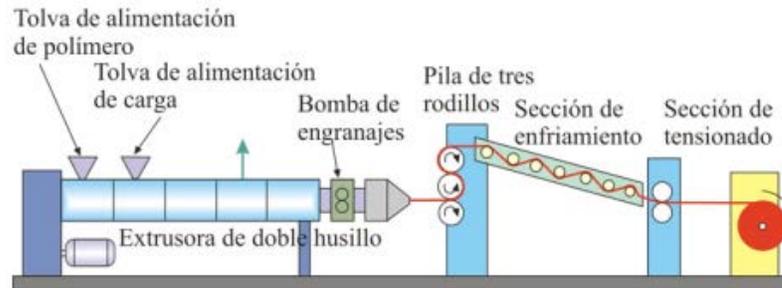
Por el interior de los rodillos normalmente se hace circular un fluido que controla la temperatura del proceso en esta zona. También es posible controlar la temperatura de cada rodillo por separado según interese. La sección de enfriamiento consiste en un conjunto de rodillos puestos en serie donde la lámina pasa por debajo y por encima alternativamente, haciéndose circular aire forzado o incluso agua pulverizada por el exterior. Al final de la sección de enfriamiento se encuentran los rodillos de tensionado, que son rodillos de caucho que estiran la lámina desde la pila de rodillos para mantener una cierta tensión. Después de los rodillos de tensionado, la hoja se lleva al recogedor, o en caso de láminas rígidas se cortan en la longitud deseada y se apilan [1].

Proceso con sistema de rodillos fríos

Las películas (con espesor inferior a 2 mm) se producen con frecuencia en líneas de rodillos fríos. Los principales componentes de estas líneas son la extrusora, la boquilla, la unidad de tratamiento superficial y el recogedor, además de un amplio sistema de rodillos. En este caso el esquema del proceso es muy similar al mostrado en la figura 1, aunque el sistema de rodillos puede llegar a ser mucho más complejo. Otra diferencia es que la película es expulsada hacia abajo sobre los rodillos fríos. El contacto inicial entre la película y los rodillos fríos se establece mediante el uso de cuchillas de aire, las cuales producen una corriente de aire a gran velocidad a través del ancho del rodillo enfriado, empujando la película contra la superficie del rodillo. A continuación la película se dirige a una unidad de calibrado donde se determina su espesor. Tras la unidad de calibrado, la película puede pasar, si así lo requiere por una unidad de tratamiento superficial. Habitualmente, esto se realiza para mejorar la adhesión, por ejemplo, para una impresión posterior u operación de laminado. Después la película se envía a la unidad de recogida. Del mismo modo que con la extrusión de láminas, puede utilizarse distintos tipos de recogedores, según el producto que se desee obtener.

Mediante este proceso se pueden obtener productos que son prácticamente transparentes, aun en el caso de emplear materiales cristalinos, gracias al rápido enfriamiento que se produce en los rodillos conforme el material sale de la máquina. El proceso de rodillos fríos se emplea para la fabricación de películas de plásticos de PVC que se usan extensamente en la industria de la construcción. También se emplea para unir espumas de PS, HIPS y ABS con otros plásticos amorfos como PVC, PC, PMMA, PET y más recientemente con otras combinaciones de plásticos en multicapa que se usan en termoconformado [1].

Figura 1: Línea de Extrusión de Película Plana



Fuente: Fuente: Beltrán M. y Marcilla "Tecnología de Polímeros"

5. DESARROLLO

5.1 PREPARACION Y AJUSTE DEL EQUIPO

- Verificar que se cuente con todos los elementos para la práctica como: materia prima, seguridad para el operario, herramientas necesarias (herramientas propias del equipo).
- Encender la extrusora y ajustar los valores de temperaturas e iniciar la fase de calentamiento.
- Verificar que todos los equipos para el proceso de película plana estén montados.
- Inspeccionar que todos los elementos de parada de emergencia estén en buen estado y en completo funcionamiento.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para asegurar el éxito en la ejecución del proceso de película plana es importante tener presente siempre los siguientes aspectos:

- Identificar claramente la naturaleza del polímero a utilizar.
- Determinar las variables que se pueden manejar en el proceso, esto es: temperatura, velocidad de extrusión, velocidad de los rodillos, ajuste entre

rodillos, velocidad del bobinador.

- Calibrar la distancia entre los rodillos (Máximo 1 vuelta).
- Activar el sistema de refrigeración.
- Conectar el accionamiento [].
- Encender los rodillos [].
- Verificar la apertura y el cierre de los rodillos.
- Comprobar los interruptores de seguridad del Flat Film. El funcionamiento del botón de parada de emergencia o el balancín de parada de emergencia debe tener como resultado lo siguiente:
 - Elevación del rodillo superior.
 - Parada de todas las unidades.

Para iniciar el proceso que pulsa el botón [], para encender el tornillo de la extrusora, se recomienda iniciar a velocidades bajas.

Una vez que empieza a salir la película de polímero del dado de extrusión, esta se debe dirigir entre los rodillos superiores, luego al rodillo de inferior de refrigeración y dirigir a la bobinadora. Es necesario el uso de guantes resistentes a altas temperaturas y de las herramientas adecuadas.

PRECAUCION: *Nunca llevar las manos al espacio entre los rodillos.*

A continuación se procede con los siguientes pasos:

- Calibrar una velocidad adecuada para el tornillo de extrusión.
- Calibrar la velocidad de los rodillos.
- Calibrar la velocidad del equipo de bobinado.
- Obtener un perfil de temperaturas óptimo.
- Obtener una lámina de características constantes.
- Tomar muestras del tubo manteniendo los valores de temperatura y variando la velocidad del tornillo de extrusión.

6. CALCULOS Y RESULTADOS

Llenar las hojas anexadas con datos y resultados de la prueba.

7. ACTIVIDADES DEL ALUMNO

- 7.1 Comprobar visualmente diferencias entre las muestras obtenidas.
- 7.2 Comparar dimensiones de espesores.
- 7.3 Comparación de datos obtenidos en las diferentes pruebas.
- 7.4 Establecer los parámetros de la práctica.
- 7.5 Presentar los resultados obtenidos.

8. CUESTIONARIO

- 8.1 ¿De qué se trata el proceso de laminado y película plana?
- 8.2 ¿Cuáles son los factores fundamentales a considerar dentro del proceso de extrusión de película plana?
- 8.3 ¿Cuáles son los efectos de la velocidad del tornillo?

INFORME

- Como marco teórico se debe abordar y profundizar los siguientes temas:
- Proceso de extrusión de tubos.
- Influencia de aplicar vacío para el sistema de calibrado.

LOS CRITERIOS DE EVALUACION serán de acuerdo al análisis de resultados, y en función de las conclusiones.

9. BIBLIOGRAFIA

[1] **Beltrán Rico, M., Marcilla Gomis, A.** *Tecnología de Polímeros "Procesado y propiedades"*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.

PROCESO DE PELÍCULA PLANA

DATOS DE LA PRUEBA

Tipo de polímero utilizado: _____

Tabla 2: Datos obtenidos

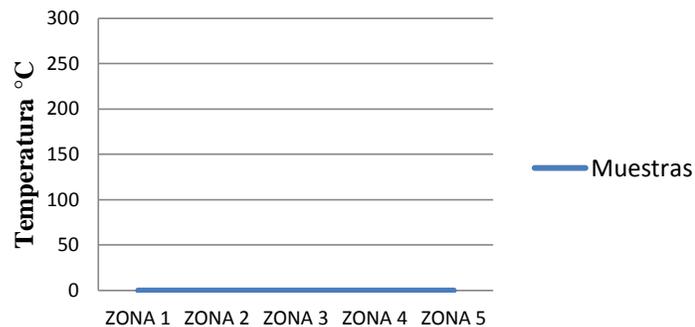
	TEMPERATURA °C					DATOS PROCESO			
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	TM (°C)	P1 (BAR)	n1 (RPM)	II (A)
MUESTRA 1									
MUESTRA 2									
MUESTRA 3									
MUESTRA 4									
MUESTRA 5									

ANALISIS DE RESULTADOS:

1) Resultados de la inspección visual (características de las muestras):

2) Resultados de las mediciones realizadas:

Figura 2: Perfil de Temperaturas Utilizadas



Zonas de la Extrusora

Figura 3: Espesor vs Velocidad del Tornillo

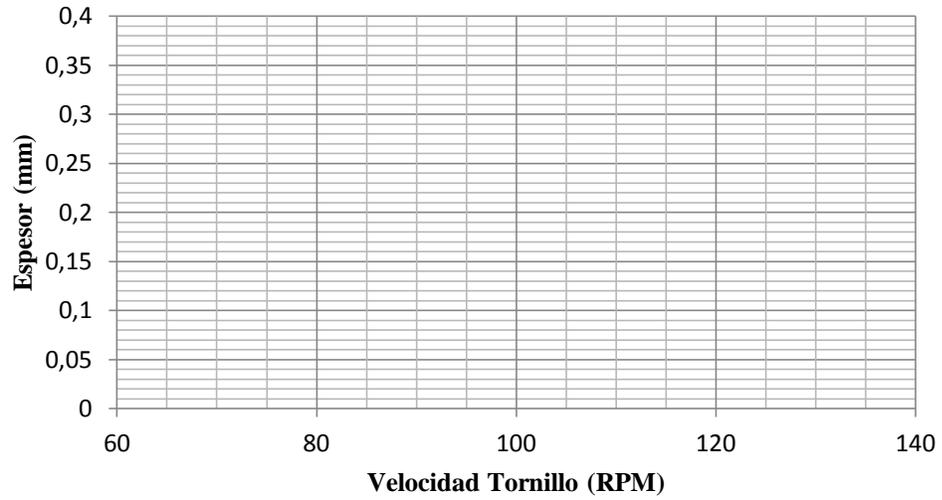
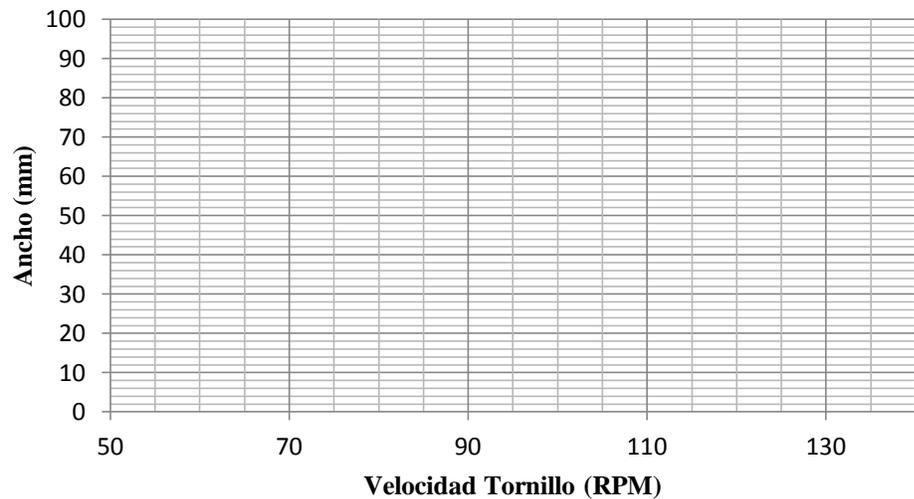


Figura 4: Ancho de Film vs Velocidad del Tornillo



5.3 EJECUCION Y VALIDACION DE LAS GUIAS DE PRÁCTICA

5.3.1 EJECUCION Y VALIDACION DE LA GUIA DE PRÁCTICA DEL PROCESO DE PELLETIZADO

PRACTICA N°	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
2	1 hora	PROCESO DE PELLETIZADO	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Manejar variables del proceso.
- Obtener muestras con diferentes variables del proceso.
- Analizar los resultados obtenidos.

2. METODO

El proceso de pelletizado se realiza mediante una extrusora, un sistema de refrigeración, el sistema de arrastre y el cortador, para determinar características diferencias entre las muestras obtenidas con el manejo de las variables del proceso.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Waterbath	Collin	WB 850 T
Pelletizador	Collin	CSG 171 T

Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

El proceso de pelletizado es de gran importancia porque la mayoría de los polímeros necesitan una etapa previa de mezclado antes del proceso para el producto final.

En ocasiones se requiere sólo de un mezclado extensivo, donde los componentes de la formulación se mezclan superficialmente, y se realiza en mezcladoras rápidas, y en otras es necesario un mezclado intensivo de los diferentes componentes de una formulación, y se suele llevar a cabo en extrusoras. En algunos casos son necesarios ambos, el mezclado extensivo previo al intensivo.

En las líneas de mezclado es frecuente el empleo de extrusoras de doble husillo. La configuración de la línea está determinada, entre otras cosas, por el tipo de aditivos a combinar en la extrusión. Estas líneas suelen tener a la salida de la extrusora troceadoras o pelletizadoras que permiten producir los pellets formulados [1].

5. DESARROLLO

5.1 PREPARACION Y AJUSTE DEL EQUIPO

- Verificar que se cuente con todos los elementos para la práctica como: materia prima, seguridad para el operario, herramientas propias del equipo.
- Encender la extrusora y ajustar los valores de temperaturas e iniciar la fase de calentamiento.
- Inspeccionar que todos los elementos de parada de emergencia estén en buen estado y en completo funcionamiento.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para asegurar el éxito en la ejecución del proceso de película soplada es importante tener presente siempre los siguientes aspectos:

- Identificar claramente la naturaleza del polímero a utilizar.
- Determinar las variables que se pueden manejar en el proceso, esto es: temperatura, velocidad de extrusión, velocidad del pelletizador.
- Llenar el Waterbath con agua.

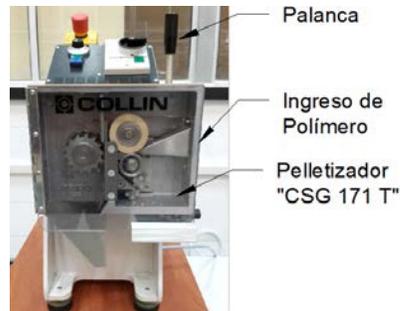
- Encender el equipo de Pelletizado.
- Calibrar la velocidad del pelletizador con velocidades bajas.

Para iniciar el proceso que pulsa el botón [], para encender el tornillo de la extrusora, se recomienda iniciar a velocidades bajas.

Una vez que empieza a salir el polímero de la boquilla, esta se debe dirigir por debajo de los rodillos guía del Waterbath. Este paso se realiza manualmente, por lo que es absolutamente necesario el uso de guantes resistentes a altas temperaturas y de las herramientas adecuadas.

A continuación se lleva el polímero al pelletizador y con la ayuda de la palanca posterior se levanta el rodillo para que ingrese el polímero (figura 1).

Figura 1: Ingreso del Polímero



Fuente: El Autor

A continuación se procede con los siguientes pasos:

- Calibrar la velocidad del pelletizador.
- Obtener una manga de polímero uniforme para la toma de muestras.
- Tomar muestras de pellets manteniendo los valores de temperatura de procesamiento y variando la velocidad del tornillo de extrusión.
- Cuando se haya tomado las muestras se procede a vaciar todo el polímero de la extrusora.
- Apagar el funcionamiento del tornillo de extrusión.

- Apagar el pelletizador.
- Desmontar los equipos para el proceso de pelletizado.

6. CALCULOS Y RESULTADOS

Llenar las hojas anexadas con datos y resultados de la prueba.

7. ACTIVIDADES DEL ALUMNO

- 7.1 Comprobar visualmente diferencias entre las muestras obtenidas.
- 7.2 Comparar longitudes y diámetros de los pellets.
- 7.3 Comparar los datos obtenidos en las diferentes pruebas.
- 7.4 Establecer los parámetros de la práctica.
- 7.5 Presentar los resultados obtenidos.

8. CUESTIONARIO

8.1 ¿De qué se trata el proceso de extrusión de pelletizado?

El proceso de pelletizado es de gran importancia porque la mayoría de los polímeros necesitan una etapa previa de mezclado antes del proceso para el producto final.

8.2 ¿Cuáles son los factores fundamentales a considerar dentro del proceso de pelletizado?

Los factores fundamentales son: temperatura de procesamiento, velocidad del tornillo de extrusión, enfriamiento, velocidad del pelletizador.

INFORME

- a. Como marco teórico se debe abordar y profundizar los siguientes temas:
 1. Proceso de pelletizado.
 2. Proceso de pelletizado de materiales compuestos.

LOS CRITERIOS DE EVALUACION serán de acuerdo al análisis de resultados, y en función de las conclusiones.

9. BIBLIOGRAFIA

[1] **Beltrán Rico, M., Marcilla Gomis, A.** *Tecnología de Polímeros "Procesado y propiedades"*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.

PROCESO DE PELLETTIZADO

DATOS DE LA PRUEBA:

Tipo de polímero utilizado: **POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD**

Temperaturas de procesamiento:

Tabla 2: Datos obtenidos

	TEMPERATURAS				DATOS PROCESO				
	Z1	Z2	Z3	Z4	TM (°C)	P1 (BAR)	n1 (RPM)	I1 (A)	Velocidad Pelletizador (RPM)
MUESTRA 1	160	170	180	190	169	55	60	3.1	4
MUESTRA 2	160	170	180	190	169	55	60	3.1	4.5
MUESTRA 3	160	170	180	190	168	53	6	3.0	5
MUESTRA 4	160	170	180	190	168	53	6	3.0	5.5
MUESTRA 5	160	170	180	190	168	53	6	3.0	6

ANALISIS DE RESULTADOS:

1) *Resultados de la inspección visual (características de las muestras):*

Con la variación de la velocidad del pelletizador se obtuvieron 5 muestras dando como resultado pellets con diámetros diferentes, pero la longitud es la misma en todos los casos.

2) *Resultados de las mediciones realizadas:*

Figura 2: Perfil de Temperaturas Utilizadas

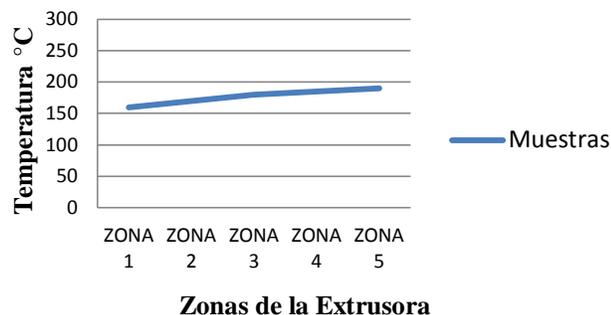


Figura 3: Diámetro de Pellet vs Velocidad del Pelletizador

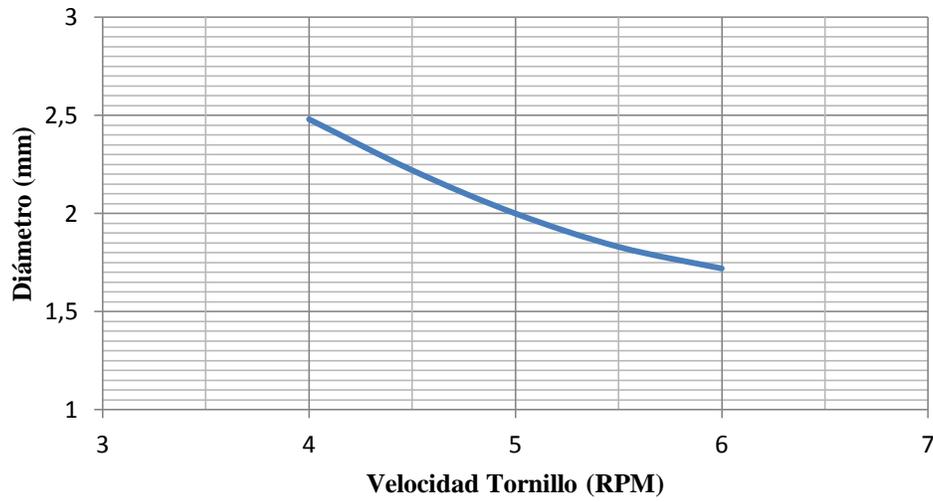
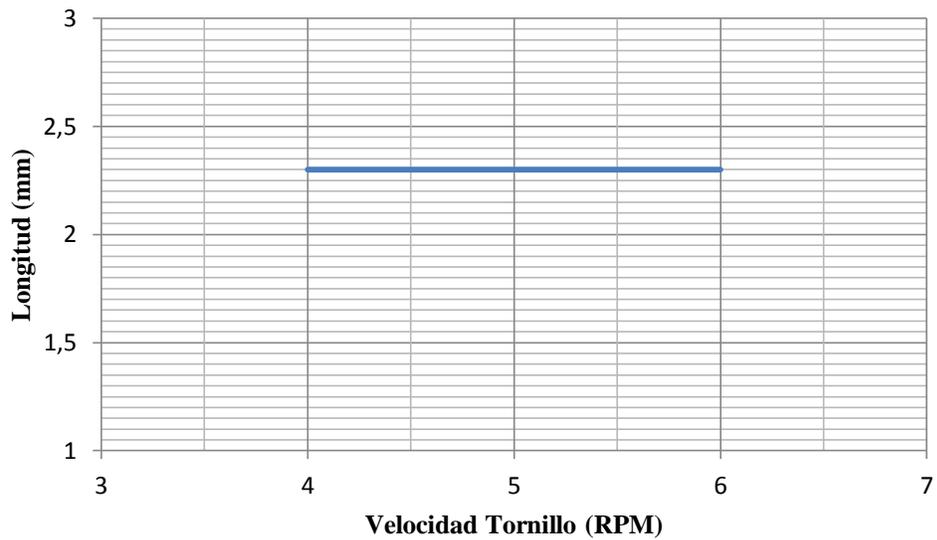


Figura 4: Longitud de Pellet vs Velocidad del Tornillo



RECOMENDACIONES:

Para la práctica es importante que la materia prima en este caso el polietileno de baja densidad se encuentre totalmente seco, para ello es necesario con la ayuda del horno realizar este procedimiento.

También es necesario que el agua de refrigeración se encuentre en recirculación para mantener una temperatura adecuada.

CONCLUSIONES:

En la presente práctica se tomaron cinco muestras manteniendo los valores de temperaturas de procesamiento y la velocidad del tornillo de extrusión, pero variando la velocidad del pelletizador, es evidente el cambio de diámetro al aumentar la velocidad porque la fuerza de arrastramiento es mayor y por ende va dar como resultado que hable más rápido y disminuya su sección, como se puede observar en la figura 3.

En las muestra obtenidas también se tomó mediciones de la longitud dando como resultado la misma longitud para todos los casos, esto se debe a que el paso de la fresa cortadora siempre va a ser el mismo, para poder variar la longitud es necesario el cambio de la fresa cortadora con un paso diferente.

5.3.2 EJECUCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA GUÍA DE PRÁCTICA DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE PELÍCULA SOPLADA

PRACTICA N°	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
4	1 hora	PROCESO DE PELÍCULA SOPLADA	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Manejar variables del proceso.
- Obtener muestras con diferentes variables del proceso.
- Analizar los resultados obtenidos.

2. METODO

El proceso de película soplada se realiza mediante el equipo Blown Film “BL 50 T” para determinar diferencias entre los productos obtenidos con diferentes variables del proceso.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Blown Film	Collin	BL 50 T

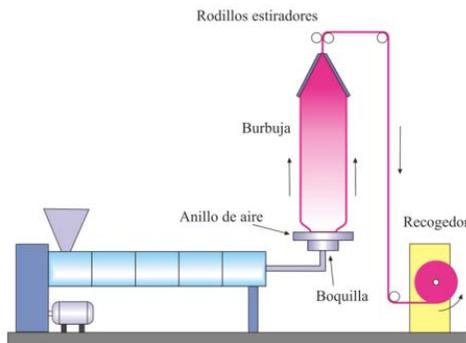
Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

El proceso de película soplada es el más común para la obtención de películas, y generalmente se emplea para fabricar bolsas de plástico a partir de HDPE y LDPE, y en

ocasiones también de PVC, PP, PA, entre otros. En estas líneas la extrusora está equipada con una boquilla anular, dirigida habitualmente hacia arriba, como se muestra en la figura 1.

Figura 1: Línea de Extrusión de Película Soplada



Fuente: Beltrán M. y Marcilla "Tecnología de Polímeros"

Por el interior de la boquilla se inyecta aire que queda confinado en el interior del material que sale por la boquilla y que es contenido, como si de una gran burbuja se tratara, por un par de rodillos situados en la parte superior. La boquilla dispone de unos orificios que permiten la circulación de aire por el exterior para enfriar el material. El cociente entre el diámetro de la burbuja y el diámetro de la boquilla se llama proporción de explosión y suele estar en el intervalo de 2.0 a 2.5.

En algunos casos el material se expande hasta tres veces su diámetro original, y a la vez es estirado por los rodillos que se encuentran en la parte superior, de modo que se orienta biaxialmente. El material sale de la boquilla en estado fundido, pero conforme asciende se enfría, gracias a la corriente de aire que circula por el exterior de la burbuja, de modo que solidifica, "congelando" la orientación en las dos direcciones, axial y longitudinal. El punto de solidificación se suele apreciar fácilmente debido a la pérdida de transparencia del material al pasar del estado amorfo al cristalino o semicristalino. A este proceso se le conoce como "estabilización de la burbuja". La orientación biaxial confiere muy buenas propiedades

mecánicas si se comparan con las obtenidas en el proceso de rodillos fríos donde sólo existe orientación en una dirección.

5. DESARROLLO

5.1 PREPARACION Y AJUSTE DEL EQUIPO

- Verificar que se cuente con todos los elementos para la práctica como: materia prima, seguridad para el operario, herramientas necesarias.
- Encender la extrusora y ajustar los valores de temperaturas e iniciar la fase de calentamiento.
- Inspeccionar que todos los elementos de parada de emergencia estén en buen estado y en completo funcionamiento.
- Utilizar las herramientas propias del equipo.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para asegurar el éxito en la ejecución del proceso de película soplada es importante tener presente siempre los siguientes aspectos:

- Identificar claramente la naturaleza del polímero a utilizar.
- Determinar las variables que se pueden manejar en el proceso, esto es: temperatura, velocidad de extrusión, cantidad de aire de enfriamiento, velocidad del rodillo guía, velocidad del bobinador.
- Encender el equipo de Blown Film [],
- Encender el ventilador, el rodillo guía y la bobinadora.

Para iniciar el proceso que pulsa el botón [], para encender el tornillo de la extrusora, se recomienda iniciar a velocidades bajas.

Una vez que empieza a salir la manga de polímero de la boquilla, esta se debe dirigir a los rodillos guías. Este paso se realiza manualmente, por lo que es absolutamente necesario el uso de guantes resistentes a altas temperaturas y de las herramientas adecuadas.

PRECAUCION: *Nunca llevar las manos al espacio entre los rodillos.*

Para el bobinado del film se utiliza un tubo de cartón que se coloca en el eje de la bobinadora que está diseñada con un cojinete de apoyo en un extremo para evitar que el tubo de cartón se resbale. Los tubos de cartón tienen un diámetro de 52 mm (2”) de diámetro interno y 200 mm de longitud.

A continuación se procede con los siguientes pasos:

- Calibrar la salida de aire de enfriamiento.
- Activar el pulsador [] para accionar el aire de inflación y ajustar el aire de este con la válvula reguladora de presión. [].
- Obtener una manga de uniforme para la toma de muestras.
- Tomar muestras de la manga con valores de temperatura mayores a la de procesamiento.
- Tomar muestras de la manga con valores de temperatura menores a la de procesamiento.
- Tomar muestras de la manga manteniendo los valores de procesamiento y variando la velocidad del tornillo de extrusión.

6. CALCULOS Y RESULTADOS

Llenar las hojas anexadas con datos y resultados de la prueba.

7. ACTIVIDADES DEL ALUMNO

- 7.1 Comprobar visualmente diferencias entre las muestras obtenidas.
- 7.2 Comparar dimensiones de espesores.
- 7.3 Comparar los datos obtenidos en las diferentes pruebas.
- 7.4 Establecer los parámetros de la práctica.
- 7.5 Presentar los resultados obtenidos.

8. CUESTIONARIO

8.1 ¿De qué se trata el proceso de extrusión de película soplada?

Uno de los procesos de transformación más importantes en la industria de los polímeros es la extrusión de película soplada, ya que la misma provee una gran flexibilidad en la producción de películas de diversas propiedades físicas y mecánicas, así como el uso de una amplia gama de materiales. Este proceso se puede definir como aquel mediante el cual una masa de resina fundida es formada en un perfil anular (tubular), para simultáneamente estirarla y enfriarla, hasta alcanzar el estado sólido. Hay que señalar que en este proceso se da una orientación biaxial, es decir, una orientación axial debido al estirado de la película y una dirección transversal producto del soplado de la misma.

8.2 ¿Cuáles son los factores fundamentales a considerar dentro del proceso de película soplada?

Los factores fundamentales en el proceso son:

- Altura de la línea de enfriamiento, Relación de Soplado. Relación de estiramiento, Relación de adelgazamiento, Velocidad del tornillo, Temperatura de extrusión.

8.3 ¿Cuáles son los efectos de la temperatura de extrusión?

El principal efecto de la modificación de la temperatura de extrusión es el ajuste de la

viscosidad (resistencia al fundido) del polímero. De manera general, a mayor temperatura, menor viscosidad y por ende, menor resistencia del fundido, lo cual puede crear dificultades para mantener la geometría de la burbuja estable y libre de defectos superficiales como rayas y fractura en fundido. Por otra parte, si se emplea una menor temperatura de extrusión la potencia consumida por parte del motor será mayor, debido a que trabajar con una menor temperatura se traduce en un material más viscoso, el cual requerirá mayor potencia para lograr su avance a través de la extrusora.

8.4 ¿Qué es y en que afecta la altura de la línea de enfriamiento?

Se define como la distancia medida desde la salida del cabezal hasta que el material solidifica. Esta línea coincidirá con la cristalización en el caso de polímeros semi-cristalinos. Una mayor altura de la línea de enfriamiento supone un mayor tiempo de relajación del material antes de solidificar, pudiendo perderse parte de la orientación aportada por el estirado, aunque por otro lado, esto también puede promover la formación de más o mayores estructuras cristalinas. Otros aspectos que caracterizan la altura de la línea de enfriamiento son, por un lado, que a partir de esta zona el diámetro de la burbuja se mantiene constante, y por otro, que el perfil de temperaturas a lo largo de la burbuja muestra un punto de inflexión debido a la cristalización del material.

INFORME

- a. Como marco teórico se debe abordar y profundizar los siguientes temas:
 1. Proceso de extrusión de película soplada.
 2. Proceso de extrusión de película soplada multicapa.

LOS CRITERIOS DE EVALUACION serán de acuerdo al análisis de resultados, y en función de las conclusiones.

9. BIBLIOGRAFIA

[1] **Beltrán Rico, M., Marcilla Gomis, A.** *Tecnología de Polímeros "Procesado y propiedades"*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.

[2] **Dr. Collin. 2012.** *Manual de Operación Blown Film "BL50 T"*.

PROCESO DE EXTRUSION DE PELÍCULA SOPLADA

DATOS DE LA PRUEBA:

Tipo de polímero utilizado: **POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE)**

Temperaturas de procesamiento:

MUESTRA N°1				
TEMPERATURA (°C)		DATOS PROCESO		
Z1	160	TM 167 °C	# vueltas aire: 1 ¾	
Z2	170	P1 214 BAR	Velocidad Rodillo Guía: 3 RPM	
Z3	180	n1 80 RPM	Velocidad bobinador: 3.50 RPM	
Z4	185	I1 3.3 A	Observaciones: Valores de temperatura de procesamiento.	
Z5	190			

MUESTRA N°2				
TEMPERATURA (°C)		DATOS PROCESO		
Z1	175	TM 181 °C	# vueltas aire: 2	
Z2	185	P1 179 BAR	Velocidad Rodillo Guía: 3 RPM	
Z3	195	n1 80 RPM	Velocidad bobinador: 3.50 RPM	
Z4	205	I1 3.1 A	Observaciones: Valores de temperatura superior a los de procesamiento.	
Z5	210			

MUESTRA N°3				
TEMPERATURA (°C)		DATOS PROCESO		
Z1	140	TM 156 °C	# vueltas aire: 1 ¾	
Z2	160	P1 244 BAR	Velocidad Rodillo Guía: 3 RPM	
Z3	165	n1 80 RPM	Velocidad bobinador: 3.50 RPM	
Z4	176	I1 3.6 A	Observaciones: Valores de temperatura menor a los de procesamiento.	
Z5	178			

ANALISIS DE RESULTADOS:

1) Resultados de la inspección visual (características de las muestras):

Para este propósito se hicieron tres muestras con diferentes temperaturas y manteniendo la misma velocidad para los tres casos. Dando como resultado propiedades ópticas diferentes, para la muestra # 1 se tiene brillo pero no más que la muestra # 2, caso contrario para la muestra # 3, casi no existe brillo.

En estas tres muestras también se puede constatar que el ancho es el mismo (100mm), y los espesores son de 0.05mm para los tres casos, dado que se utilizó la misma velocidad del tornillo y hubo el mismo aporte de material.

2) Resultados de las mediciones realizadas:

Figura 2: Perfil de Temperaturas Utilizadas

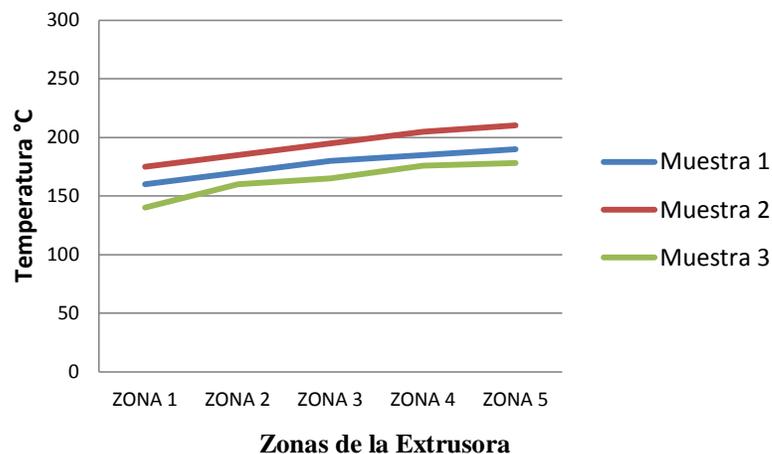


Figura 3: Espesor vs Velocidad Tornillo

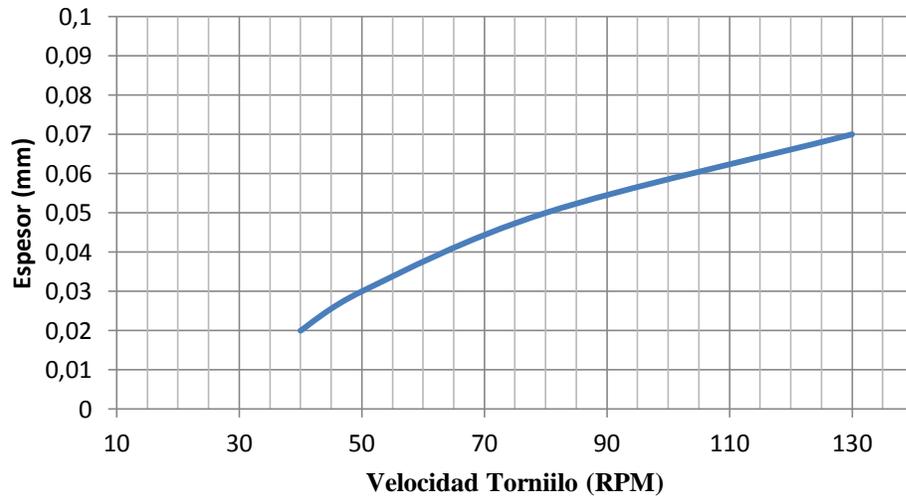
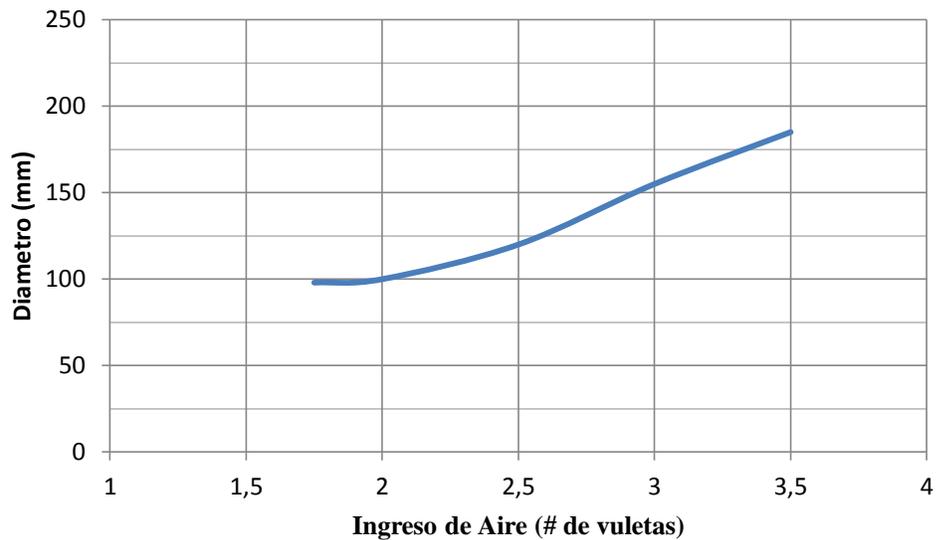


Figura 4: Diámetro de Film vs Ingreso de Aire



RECOMENDACIONES:

Para mejores resultados de la práctica es necesario que la materia prima en este caso el Polietileno de baja densidad se encuentre totalmente seco, para ello es necesario con la ayuda del horno quitar toda la humedad del polímero.

CONCLUSIONES:

Para poder manejar las variables del proceso se debe tener bien claro las propiedades del LDPE, cambiando los valores de cualquiera variable afecta la muestra obtenida.

En la presente práctica se tomaron tres muestras con diferentes valores de temperaturas dando como resultado propiedades ópticas diferentes. La muestra a mayor tiene menor viscosidad y por ende, menor resistencia del fundido, caso contrario si se emplea una menor temperatura de extrusión la potencia consumida por parte del motor será mayor, debido a que trabajar con una menor temperatura se traduce en un material más viscoso, el cual requerirá mayor potencia para lograr su avance a través de la extrusora, como se ve reflejado en la tabla de obtención de datos.

También se obtuvieron muestras manteniendo los valores de temperatura de la muestra #1 y la velocidad de estiramiento del rodillo guía, pero variando la velocidad del tornillo de extrusión, así obteniendo diferentes valores de espesores que a mayor caudal aumenta el material de aporte dando como resultado un mayor espesor y también incide positivamente en la fuerza de desgarro y esfuerzo a la ruptura, como se observa en la figura 3.

Variando la entrada de aire se puede modificar el diámetro a mayor entrada de aire mayor será el diámetro, menor espesor y menor brillo, a diferencia que a menor entrada de aire menor el diámetro, mayor espesor y mayor brillo, como se muestra en la figura 4.

5.3.3 EJECUCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA GUÍA DE PRÁCTICA DEL PROCESO DE EXTRUSIÓN DE TUBO

PRACTICA N°	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
6	1.5 horas	PROCESO DE EXTRUSION DE TUBO	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Manejar variables del proceso.
- Obtener una muestra con diferentes variables del proceso.
- Analizar los resultados obtenidos, de las muestras obtenidas.

2. METODO

El proceso de extrusión de tubo se realiza mediante el equipo Vacuum “VKT 1000 T” y de arrastre y bobinado “BAW 130 T”+“WR 650”, para determinar características diferencias entre las muestras obtenidos con el manejo de las variables del proceso.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Vacuum	Collin	VKT 1000T
Arrastre y Bobinado	Collin	BAW 130 T" + "WR 650 T

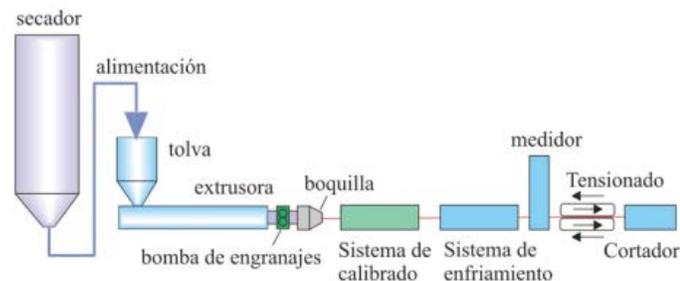
Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

En la figura 1 se pueden observar los principales componentes de una línea de extrusión de tubos (diámetro inferior a 10 mm) y tuberías (diámetro mayor). Estas líneas consisten

en una extrusora, una boquilla anular, un sistema de calibrado y uno de enfriamiento, una zona de tensionado y un cortador (si es necesario). La bomba de engranajes antes de la boquilla puede estar o no dependiendo de la precisión de la extrusión, al igual que el secador que alimenta a la tolva. Por lo general, el sistema de calibrado se encuentra inmediatamente después de la boquilla y puede ser de calibrado del diámetro externo o interno. En el sistema de calibrado externo se aplica aire a presión que se introduce por el interior de la boquilla o vacío desde el exterior para forzar a que el material tome la forma de un tubo externo. En el sistema de calibrado interno la boquilla tiene un mandril que se prolonga fuera de la máquina fijando el diámetro interno deseado. El diámetro de la pared se controla normalmente con un láser calibrador [1].

Figura 1: Línea de Extrusión de Película Soplada



Fuente: Beltrán M. y Marcilla "Tecnología de Polímeros"

Para la extrusión de tubos y tuberías se emplean básicamente PVC y poliolefinas como HDPE, PP y LDPE, generalmente para la obtención de conducciones para agua y alcantarillado, así como para gases y líquidos a presión. Estos materiales ofrecen unas excelentes características en largos periodos de tiempo, con poco desgaste y con un precio relativamente bajo. PB, XLPE y CPVC son utilizados para aplicaciones a presión con elevadas temperaturas, como calentadores domésticos [1].

La velocidad de producción está limitada por lo general por la velocidad a la que el material puede ser enfriado, que básicamente depende del diámetro y del espesor de pared de la pieza. Por ejemplo, para tubos de diámetro de 2.5 mm y 0.4 mm de espesor

de pared la velocidad de extrusión puede ser de 4 ms^{-1} , mientras que para tuberías de 1 m de diámetro externo y 60 mm de espesor de pared una velocidad de producción típica podría ser de 3 mh^{-1} [1].

5. DESARROLLO

5.1 PREPARACION Y AJUSTE DEL EQUIPO

- Verificar que se cuente con todos los elementos para la práctica como: materia prima, seguridad para el operario, herramientas necesarias.
- Encender la extrusora y ajustar los valores de temperaturas e iniciar la fase de calentamiento.
- Verificar que todos los equipos para la extrusión de tubos estén montados.
- Inspeccionar que todos los elementos de parada de emergencia estén en buen estado y en completo funcionamiento.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para asegurar el éxito en la ejecución del proceso de extrusión de tubos es importante tener presente siempre los siguientes aspectos:

- Identificar claramente la naturaleza del polímero a utilizar.
- Determinar las variables que se pueden manejar en el proceso, esto es: temperatura, velocidad de extrusión.
- Encender el equipo de arrastre y bobinado "BAW 130 T"+"WR 650"
 [1].
- Verificar que los tubos de desbordamiento (R1, R2) deben estar colocados en su posición.
- Ajustar la posición de las válvulas en el panel de control del Vacuum "VKT 1000 T".

- Encender la bomba de circulación de agua [.
- Proceder al llenado de los tanques.
- Encender la bomba de vacío [.
- Las tapas de los depósitos permanecen abiertas en estas operaciones.

Para iniciar el proceso que pulsa el botón [, para encender el tornillo de la extrusora, se recomienda iniciar a velocidades bajas.

Una vez que empieza a salir la manga de polímero del dado de extrusión, esta se debe dirigir por el vacuum atravesando todos los agujeros hasta llegar al tanque de soplado y a su vez dirigir a equipo de arrastre y bobinado. Es necesario el uso de guantes resistentes a altas temperaturas y de las herramientas adecuadas.

PRECAUCION: *Nunca llevar las manos al espacio entre los rodillos del equipo de arrastre.*

A continuación se procede con los siguientes pasos:

- Calibrar una velocidad adecuada para el tornillo de extrusión.
- Calibrar la velocidad del equipo de arrastre.
- Calibrar la velocidad del equipo de bobinado.
- Cerrar las tapas de los depósitos.
- Calibrar el vacío para conseguir un diámetro exterior uniforme.
- Obtener un perfil de temperaturas óptimo.
- Obtener un tubo de diámetro constante para la toma de muestras.
- Tomar muestras del tubo manteniendo los valores de temperatura y variando la velocidad del tornillo de extrusión.

6. CALCULOS Y RESULTADOS

Llenar las hojas anexadas con datos y resultados de la prueba.

7. ACTIVIDADES DEL ALUMNO

- 7.1 Comprobar visualmente diferencias entre las muestras obtenidas.
- 7.2 Comparar dimensiones de espesores.
- 7.3 Comparación de datos obtenidos en las diferentes pruebas.

8. CUESTIONARIO

8.1 ¿De qué se trata el proceso de extrusión de tubos?

El proceso de extrusión de tubos se basa en una extrusora, el dado que tiene la forma y las dimensiones del tubo, lo que conforma el plástico al salir de la extrusora es un cabezal, que ajusta la forma a las dimensiones del tubo requerido. Pero eso no es todo, porque para asegurar la exactitud de las dimensiones del producto es obligado pasar por el calibrado.

Tras obtener unas dimensiones adecuadas en la unidad de calibrado el tubo pasa por una unidad de enfriamiento. Para la salida del tubo de la extrusora se ayuda de una unidad de arrastre, que aplica una tensión constante al material para que esté siempre en movimiento. Por último, dependiendo de la flexibilidad del producto, una unidad de bobinado ayuda a recoger el producto.

8.2 ¿Cuáles son los factores fundamentales a considerar dentro del proceso de extrusión de tubos?

Los factores fundamentales en el proceso son:

- Perfil de temperaturas de procesamiento.
- Velocidad del tornillo
- Depresión aplicada en el vacío.
- Velocidad de la unidad de arrastre

8.3 ¿Cuáles son los efectos de la velocidad del tornillo?

Este parámetro está relacionado con la obtención de un mayor o menor caudal, o con la

cantidad de material obtenido en un determinado tiempo. Trabajar a altos caudales permite obtener un incremento de la producción que es lo deseado en cualquier proceso productivo comercial. Sin embargo, el incremento del caudal trae efectos como el aumento del consumo de potencia y presión.

INFORME

a. Como marco teórico se debe abordar y profundizar los siguientes temas:

1. Proceso de extrusión de tubos.
2. Influencia de aplicar vacío para el sistema de calibrado.

LOS CRITERIOS DE EVALUACION serán de acuerdo al análisis de resultados, y en función de las conclusiones.

8. BIBLIOGRAFIA

[1] **Beltrán Rico, M., Marcilla Gomis, A.** *Tecnología de Polímeros "Procesado y propiedades"*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.

PROCESO DE EXTRUSION DE TUBOS

DATOS DE LA PRUEBA

Tipo de polímero utilizado: **POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD (LDPE)**

Temperaturas de procesamiento:

DATOS OBTENIDOS									
	TEMPERATURA °C					DATOS PROCESO			
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	TM (°C)	P1 (BAR)	n1 (RPM)	II (A)
MUESTRA 1	180	190	190	195	195	181	148	80	3.0
MUESTRA 2	180	190	190	195	195	177	159	90	3.0
MUESTRA 3	180	190	190	195	195	180	171	100	3.2
MUESTRA 4	180	190	190	195	195	177	190	120	3.3

ANALISIS DE RESULTADOS:

1) Resultados de la inspección visual:

Para este propósito se hicieron cuatro muestras con diferentes valores de velocidad del tornillo. Dando como resultado propiedades ópticas diferentes, a simple viste se puede apreciar la diferencia de espesores manteniendo un mismo diámetro de 8 mm.

2) Resultados de las mediciones realizadas:

Figura 2: Perfil de Temperaturas Utilizado

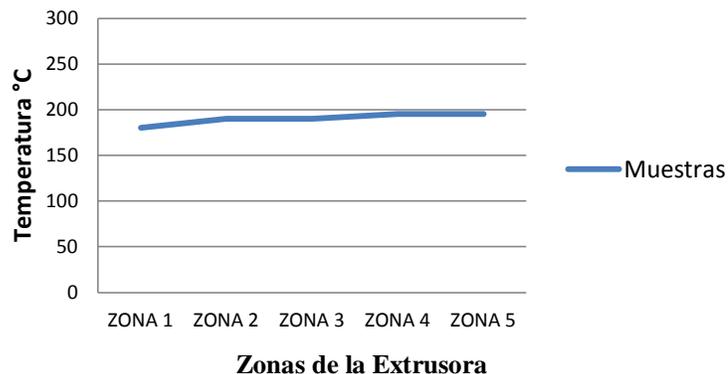
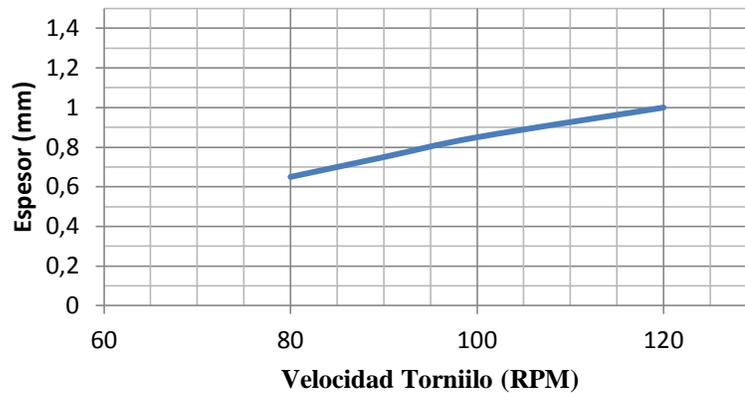


Figura 3: Espesor vs Velocidad del Tornillo



RECOMENDACIONES:

Para mejores resultados de la práctica es necesario que la materia prima en este caso el Polietileno de baja densidad se encuentre totalmente seco, para ello es necesario con la ayuda del horno quitar toda la humedad del polímero.

CONCLUSIONES:

En la presente práctica se tomaron cuatro muestras con los mismos valores de temperaturas y variando la velocidad del tornillo, dando como resultado propiedades ópticas diferentes y un notorio cambio de espesor entre la primera muestra tomada a velocidad baja con la muestra número cuatro tomada a velocidad mayor. La velocidad del tornillo, está relacionado con la obtención de un mayor o menor caudal, o con la cantidad de material obtenido en un determinado tiempo. El incremento del caudal trae efectos como el aumento de la orientación molecular a la salida de la boquilla, aumento del consumo de potencia y presión, como se refleja en la tabla de valores obtenidos que a medida que se incrementa la velocidad en el tornillo incrementa su presión y el consumo de energía.

5.3.4 EJECUCIÓN Y VALIDACIÓN DE LA GUIA DE PRÁCTICA DEL PROCESO DE EXTRUSION DE PELÍCULA PLANA

PRACTICA Nº	TIEMPO ESTIMADO	TEMA	ASIGNATURA
8	1 hora	PROCESO DE PELÍCULA PLANA	Transformación de Polímeros

1. OBJETIVOS

- Manejar variables del proceso.
- Obtener una muestra con diferentes variables del proceso.
- Analizar los resultados obtenidos, de las muestras obtenidas.

2. METODO

- El proceso de película plana se realiza mediante el dado y el equipo Flat Film “CR 72 T”, para determinar características diferencias entre las muestras obtenidos con el manejo de las variables del proceso.

3. EQUIPOS

Tabla 1. Tabla de equipos, instrumentos

Descripción	Marca	Serie
Extrusora	Collin	E 20 T
Flat Film	Collin	CR 72T

Fuente: El Autor

4. MARCO TEORICO

Proceso con pila de rodillos

La diferencia entre las películas y las láminas es su grosor, considerándose láminas si tienen un grosor superior a 2 mm y películas si éste es inferior. A pesar de que suele hacerse diferenciación, las líneas para películas y láminas son muy similares.

El proceso de pila de rodillos que se muestra en la figura 1 se emplea para la fabricación de láminas que pueden llegar a tener hasta 30 m de ancho. En el caso de láminas tan anchas el control de la temperatura en la boquilla debe ser muy preciso, y por lo general la temperatura se mantiene más alta en los extremos que en el centro de la lámina para evitar que se deforme. Los principales componentes de una línea de este tipo son: la extrusora, la pila de rodillos, la sección de enfriamiento, generalmente formada por una serie de rodillos, la sección de tensionado y el recogedor (figura 1). La pila de rodillos se usa para ejercer presión sobre la lámina, corrigiendo posibles variaciones de espesor, y para determinar la textura de la misma. Si se requiere una superficie lisa, se usan rodillos pulidos y si se necesitan texturas se utilizan rodillos con el dibujo adecuado. La textura del rodillo es el negativo de la textura requerida en la hoja. Es posible producir una hoja con una textura por una cara y lisa por la otra.

La figura 1 muestra una lámina de plástico recorriendo el rodillo central y realizando una trayectoria en forma de S alrededor del rodillo central y dirigiéndose luego hacia arriba. La pila de rodillos en otras ocasiones se dispone de forma que el recorrido es hacia abajo.

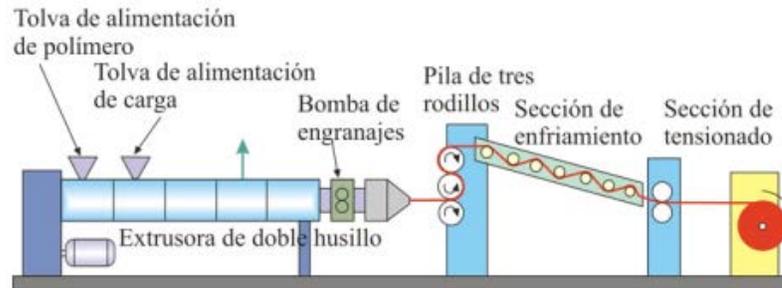
Por el interior de los rodillos normalmente se hace circular un fluido que controla la temperatura del proceso en esta zona. También es posible controlar la temperatura de cada rodillo por separado según interese. La sección de enfriamiento consiste en un conjunto de rodillos puestos en serie donde la lámina pasa por debajo y por encima alternativamente, haciéndose circular aire forzado o incluso agua pulverizada por el exterior. Al final de la sección de enfriamiento se encuentran los rodillos de tensionado, que son rodillos de caucho que estiran la lámina desde la pila de rodillos para mantener una cierta tensión. Después de los rodillos de tensionado, la hoja se lleva al recogedor, o en caso de láminas rígidas se cortan en la longitud deseada y se apilan [1].

Proceso con sistema de rodillos fríos

Las películas (con espesor inferior a 2 mm) se producen con frecuencia en líneas de rodillos fríos. Los principales componentes de estas líneas son la extrusora, la boquilla, la unidad de tratamiento superficial y el recogedor, además de un amplio sistema de rodillos. En este caso el esquema del proceso es muy similar al mostrado en la figura 1, aunque el sistema de rodillos puede llegar a ser mucho más complejo. Otra diferencia es que la película es expulsada hacia abajo sobre los rodillos fríos. El contacto inicial entre la película y los rodillos fríos se establece mediante el uso de cuchillas de aire, las cuales producen una corriente de aire a gran velocidad a través del ancho del rodillo enfriado, empujando la película contra la superficie del rodillo. A continuación la película se dirige a una unidad de calibrado donde se determina su espesor. Tras la unidad de calibrado, la película puede pasar, si así lo requiere por una unidad de tratamiento superficial. Habitualmente, esto se realiza para mejorar la adhesión, por ejemplo, para una impresión posterior u operación de laminado. Después la película se envía a la unidad de recogida. Del mismo modo que con la extrusión de láminas, puede utilizarse distintos tipos de recogedores, según el producto que se desee obtener.

Mediante este proceso se pueden obtener productos que son prácticamente transparentes, aun en el caso de emplear materiales cristalinos, gracias al rápido enfriamiento que se produce en los rodillos conforme el material sale de la máquina. El proceso de rodillos fríos se emplea para la fabricación de películas de plásticos de PVC que se usan extensamente en la industria de la construcción. También se emplea para unir espumas de PS, HIPS y ABS con otros plásticos amorfos como PVC, PC, PMMA, PET y más recientemente con otras combinaciones de plásticos en multicapa que se usan en termoconformado [1].

Figura 1: Línea de Extrusión de Película Plana



Fuente: Fuente: Beltrán M. y Marcilla "Tecnología de Polímeros"

5. DESARROLLO

5.1 PREPARACION Y AJUSTE DEL EQUIPO

- Verificar que se cuente con todos los elementos para la práctica como: materia prima, seguridad para el operario, herramientas necesarias (herramientas propias del equipo).
- Encender la extrusora y ajustar los valores de temperaturas e iniciar la fase de calentamiento.
- Verificar que todos los equipos para el proceso de película plana estén montados.
- Inspeccionar que todos los elementos de parada de emergencia estén en buen estado y en completo funcionamiento.

5.2 PROCEDIMIENTO

Para asegurar el éxito en la ejecución del proceso de película plana es importante tener presente siempre los siguientes aspectos:

- Identificar claramente la naturaleza del polímero a utilizar.
- Determinar las variables que se pueden manejar en el proceso, esto es: temperatura, velocidad de extrusión, velocidad de los rodillos, ajuste entre

rodillos, velocidad del bobinador.

- Calibrar la distancia entre los rodillos (Máximo 1 vuelta).
- Activar el sistema de refrigeración.
- Conectar el accionamiento [].
- Encender los rodillos [].
- Verificar la apertura y el cierre de los rodillos.
- Comprobar los interruptores de seguridad del Flat Film. El funcionamiento del botón de parada de emergencia o el balancín de parada de emergencia debe tener como resultado lo siguiente:
 - Elevación del rodillo superior.
 - Parada de todas las unidades.

Para iniciar el proceso que pulsa el botón [], para encender el tornillo de la extrusora, se recomienda iniciar a velocidades bajas.

Una vez que empieza a salir la película de polímero del dado de extrusión, esta se debe dirigir entre los rodillos superiores, luego al rodillo de inferior de refrigeración y dirigir a la bobinadora. Es necesario el uso de guantes resistentes a altas temperaturas y de las herramientas adecuadas.

PRECAUCION: *Nunca llevar las manos al espacio entre los rodillos.*

A continuación se procede con los siguientes pasos:

- Calibrar una velocidad adecuada para el tornillo de extrusión.
- Calibrar la velocidad de los rodillos.
- Calibrar la velocidad del equipo de bobinado.
- Obtener un perfil de temperaturas óptimo.
- Obtener una lámina de características constantes.
- Tomar muestras del tubo manteniendo los valores de temperatura y variando la velocidad del tornillo de extrusión.

6. CALCULOS Y RESULTADOS

Llenar las hojas anexadas con datos y resultados de la prueba.

7. ACTIVIDADES DEL ALUMNO

- 7.1 Comprobar visualmente diferencias entre las muestras obtenidas.
- 7.2 Comparar dimensiones de espesores.
- 7.3 Comparación de datos obtenidos en las diferentes pruebas.
- 7.4 Establecer los parámetros de la práctica.
- 7.5 Presentar los resultados obtenidos.

8. CUESTIONARIO

8.1 ¿De qué se trata el proceso de laminado?

Las láminas y películas termoplásticas se producen por numerosos procesos, los más importantes son los basados en el proceso de extrusión. El término lámina u hojas se refiere a los materiales con un espesor entre 0.5 mm hasta cerca de 12.5 mm y se usan para productos tales como cristales planos de ventana y material para termoformado. El término película se refiere a espesores por debajo de 0.5 mm. Se usan películas delgadas para material de empaque; las aplicaciones de películas más gruesas incluyen cubiertas y revestimientos, por ejemplo cubiertas para piscinas y revestimientos para canales de irrigación. Las láminas y las películas se producen en varios espesores mediante extrusión convencional, usando un dado cuya abertura tiene la forma de una rendija delgada. La rendija puede tener hasta 3 m de largo con un ancho cercano a 0.04 mm.

8.2 ¿Cuáles son los factores fundamentales a considerar dentro del proceso de extrusión de láminas?

Los factores fundamentales son: temperatura de procesado, velocidad del tornillo, ajuste

entre rodillos, velocidad de los rodillos, velocidad del bobinador.

8.3 ¿Cuáles son los efectos de la velocidad del tornillo?

Este parámetro está relacionado con la obtención de un mayor o menor caudal, o con la cantidad de material obtenido en un determinado tiempo. Trabajar a altos caudales permite obtener un incremento de la producción que es lo deseado en cualquier proceso productivo comercial. Sin embargo, el incremento del caudal trae efectos como el aumento del consumo de potencia y presión.

INFORME

- Como marco teórico se debe abordar y profundizar los siguientes temas:
- Proceso de extrusión de tubos.
- Influencia de aplicar vacío para el sistema de calibrado.

LOS CRITERIOS DE EVALUACION serán de acuerdo al análisis de resultados, y en función de las conclusiones.

9. BIBLIOGRAFIA

[1] **Beltrán Rico, M., Marcilla Gomis, A.** *Tecnología de Polímeros "Procesado y propiedades"*. Publicaciones de la Universidad de Alicante, 2012.

PROCESO DE PELÍCULA PLANA

DATOS DE LA PRUEBA

Tipo de polímero utilizado: **POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD**

Tabla 2: Datos obtenidos

	TEMPERATURA °C					DATOS PROCESO			
	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5	TM (°C)	P1 (BAR)	n1 (RPM)	II (A)
MUESTRA 1	160	170	180	185	190	165	274	130	3,7
MUESTRA 2	160	170	180	185	190	164	264	120	3,6
MUESTRA 3	160	170	180	185	190	164	254	110	3,5
MUESTRA 4	160	170	180	185	190	164	244	100	3,4
MUESTRA 5	160	170	180	185	190	164	232	90	3,3
MUESTRA 6	160	170	180	185	190	164	221	80	3,2

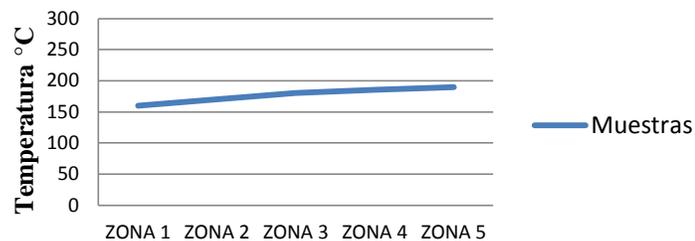
ANALISIS DE RESULTADOS:

1) Resultados de la inspección visual (características de las muestras):

Para este propósito se realizaron seis muestras manteniendo el valor de temperatura de procesamiento pero variando la velocidad del tornillo de extrusión, dando como resultado características ópticas diferentes, la muestra # 1 presenta menos brillo que la muestra número # 6 y el ancho a simple vista varía entre las muestras.

2) Resultados de las mediciones realizadas:

Figura 2: Perfil de Temperaturas Utilizadas



Zonas de la Extrusora

Figura 3: Espesor vs Velocidad del Tornillo

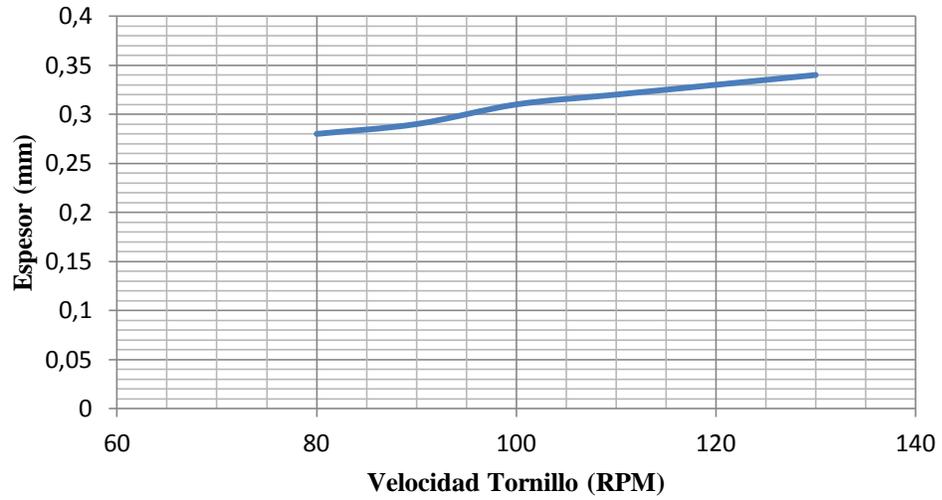
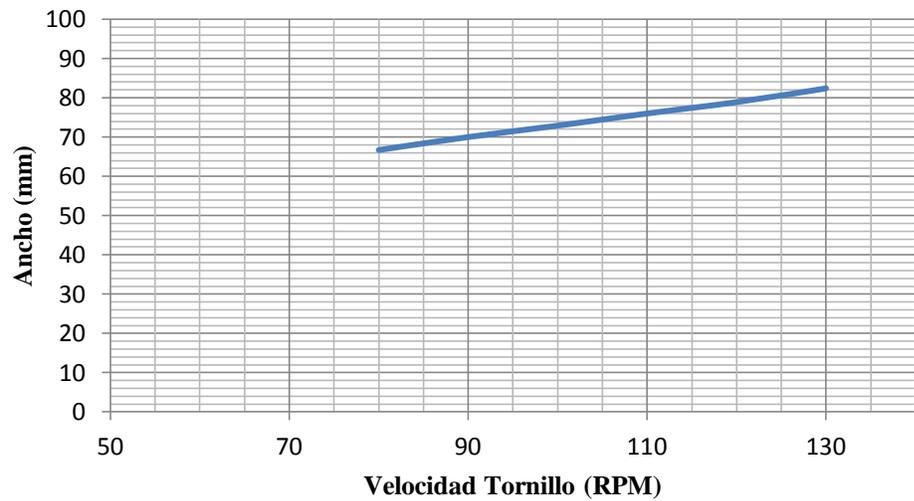


Figura 4: Ancho de Film vs Velocidad del Tornillo



RECOMENDACIONES:

Para mejores resultados de la práctica es necesario que la materia prima en este caso el Polietileno de baja densidad se encuentre totalmente seco, para ello es necesario con la ayuda del horno quitar toda la humedad del polímero.

CONCLUSIONES:

En la presente práctica se tomaron seis muestras con los mismos valores de temperaturas y variando la velocidad del tornillo, dando como resultado propiedades ópticas diferentes.

Se puede decir que con solo modificar una variable del proceso en este caso la velocidad del tornillo de extrusión, hay un cambio de características en las muestra obtenidas, una de ella es la variación del espesor como se muestra en la figura 3, de igual manera varia el ancho de la película plana como se muestra en la figura 4. El incremento del caudal trae otros efectos como el aumento de la orientación molecular a la salida de la boquilla, aumento del consumo de potencia y presión, como se refleja en la tabla de valores obtenidos que a medida que se incrementa la velocidad en el tornillo incrementa su presión y el consumo de energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- [1] **Dumagualla E.** *Gestión e Implementación del Plan de Mantenimiento en los Laboratorios del Área de Ing. Mecánica.* Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca 2014.
- [2] **Beltrán Rico, M., Marcilla Gomis, A.** *Tecnología de Polímeros "Procesado y propiedades".* Publicaciones de la Universidad de Alicante, España, 2012.
- [3] **Máquinas de Moldeo por Inyección, BOY. 2012.** *Manual de Operación "Inyectora Boy 35E",* Alemania, 2012.
- [4] **Groover, Mikell P. 1997.** *Fundamentos de manufactura moderna: Materiales, Procesos y Sistemas 3a. Ed.* s.l. : PEARSON, 1997.
- [5] **Dr. Collin.** *Manual de Operación "Extruder E 20 T".* s.l. : Collin, Alemania, 2012.
- [6]. **Dr. Collin.** *Manual de Operación Blown Film "BL50 T",* Alemania, 2012
- [7]. **Dr. Collin.** *Manual de Operación "Flat Film CR72 T",* Alemania, 2012.
- [8].**Dr. Collin.** *Manual de Operación Pelletizador "CGS 171T",* Alemania, 2012
- [9] **Dr. Collin.** *Manual de Operación Ware Bath "WB 850 T",* Alemania, 2012.
- [10] **Dr. Collin.** *Manual de Operación Calibration Cooling Unit "VKT 1000 T",* Alemania, 2012.
- [11] **Dr. Collin.** *Manual de Operación Belt Take-Off with Disc Winder "BAW 130 T" + "WR 650 T",* Alemania, 2012.
- [12] **Pérez R., Torres a., Candal M.** *Efectos de las variables del proceso de extrusión sobre la relación estructura – propiedades de películas tubulares de PEBD.* Revista Iberoamericana de Polimeros, 2013.
- [13] **Naranjo A., Noriega M., Sierra J., Rodrigo J.** *Extrusion Processing Data.* Plastic Pocket Power, Munich, 2001.