

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

29  
Zeje.



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES  
"ZARAGOZA"

DISEÑO DE UN CABEZAL DE EXTRUSION  
PARA PALO DE ESCOBA ECOLOGICO

REPORTE DE SEMINARIO

Que para obtener el Titulo de:

INGENIERO QUIMICO

P r e s e n t a

ROBERTO RUIZ VELAZQUEZ

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

Director de Tesis: M. en C. Alejandro Ruiz Cancino

1994



Universidad Nacional  
Autónoma de México



## **UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso**

### **DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL**

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

**DISEÑO DE UN CABEZAL DE EXTRUSION  
PARA PALO DE ESCOBA ECOLOGICO.**

---

**ROBERTO RUIZ VELAZQUEZ.**

**DIRECTOR DE TESIS:  
M. EN. C. ALEJANDRO RUIZ CANCINO.**

**REPORTE DE SEMINARIO QUE PARA OBTENER EL TITULO DE INGENIERO QUIMICO.**

---

**MCMXCIV**



UNIVERSIDAD NACIONAL  
AVENIDA DE  
MEXICO

FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES \*ZARAGOZA\*

JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA

SR. ROBERTO RUIZ VELAZQUEZ  
P R E S E N T E .

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado para el Examen Profesional, le comunico que la Jefatura a mi cargo ha propuesto la siguiente designación:

PRESIDENTE: M. en C. ALEJANDRO RUIZ CANCINO  
VOCAL: ING. FLORA ANTOR HERNANDEZ  
SECRETARIO: ING. ARTURO MENDEZ GUTIERREZ  
SUPLENTE: ING. RIGOBERTO LOPEZ MAYORAL  
SUPLENTE: ING. ANDRES AQUINO CANCHOLA

A T E N T A M E N T E  
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

México, D.F., 10 de agosto de 1993

  
M. en C. ALEJANDRO RUIZ CANCINO  
JEFE DE LA CARRERA DE  
INGENIERIA QUIMICA

Irm

## **UN SEÑOR**

Sobre la arena de la playa  
camionaba con el señor.

En el firmamento se dibujaban  
escenas de mi vida y en la arena  
dos juegos de pisadas, uno era mío,  
el otro del señor.

Cuando miré hacia atrás para ver  
las huellas, noté que varias veces  
a lo largo del camino de mi vida,  
había solo un par de pisadas, y esto  
había sucedido en los tiempos más  
dolorosos y tristes de mi vida.

Pregunte al señor:

Señor, me dijiste que cuando decidiera  
seguirte, caminarías siempre a mi lado,  
pero he notado que en los momentos  
más difíciles, hay solamente un par  
de pisadas.

¿Por qué cuando más te necesitaba  
me abandonaste?

El señor me contestó.

Hijo.

Te quiero y nunca te abandonaré,  
cuando veas solamente un par de pisadas  
en que te llevaba en mis brazos.

## **ANUNCIO**

Con toda el cariño y agradecimiento  
para mis MADRES, por su apoyo  
incondicional y dedicación, los diémos  
los logros de mi vida.

A mi hija **JANE MARIANA**  
A mis hermanas: **MARZI NORMA**  
**ROSALBA Y CARBY**, a mi amigo  
**MARTIN**, a mis familiares y amigos  
que me han apoyado siempre.

**GRACIAS**

**DISEÑO DE UN CABEZAL DE EXTRUSION  
PARA PALO DE ESCOBA ECOLOGICO.**

---

**UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO**

---

**FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES ZARAGOZA.**

## **CONTENIDO**

- 1.- RESUMEN.**
- 2.- PERFIL DE LOS PLASTICOS EN LA ECOLOGIA.**
- 3.- DISEÑO DE DADOS DE EXTRUSION.**
- 4.- PROCESO DE FORRADO DE TUBO.**
- 5.- DISEÑO DEL CABEZAL DE FORRADO TIPO ANGULO.**
- 6.- PRUEBAS DE CABEZAL Y PRODUCTO.**
- 7.- ANALISIS DE RESULTADOS.**
- 8.- CONCLUSIONES.**
- 9.- BIBLIOGRAFIA.**

## **1.- RESUMEN.**

Debido a la creciente necesidad de preservar los recursos ecológicos y considerando que la madera empleada en una gran cantidad de aplicaciones, genera la tala de árboles, proponemos la sustitución del palo de madera empleado en la fabricación de escobas, por un tubo metálico forrado de plástico más un par de regatones, el cual denominamos "palo de escoba ecológico".

El proyecto consta de varias secciones en las cuales se analizan las tendencias con carácter ecológico más recientes en la industria del plástico. Se detalló la metodología de diseño de dados de extrusión con el objeto de diseñar un cabezal de recubrimiento del tubo metálico mediante el proceso de extrusión de plástico. Asimismo se llevó a cabo la fabricación del cabezal de recubrimiento y se forró el tubo obteniéndose el producto deseado, al cual se le aplicaron pruebas de funcionamiento, observándose que puede ser un buen sustituto del palo de escoba de madera.

Finalmente se analizaron las ventajas y desventajas del palo de escoba ecológico, contra el de madera.

## **2.- PERFIL DE LOS PLASTICOS EN LA ECOLOGIA.**

Los plásticos juegan un papel doble en cuestiones ecológicas. Por un lado son un sustituto adecuado de la madera en algunas aplicaciones, pero por el otro, son un desecho no degradable.

Durante la presente década el aspecto ecológico acapara la principal atención en los foros y exposiciones de plásticos. El plástico substituirá a la madera en la mayoría de las aplicaciones, disminuyendo con esto la tala de bosques. Sin embargo a diferencia de la madera el plástico no es degradable y una vez que se elimina pasa a formar parte de la gran cantidad de desechos generados, que también son una forma de contaminación.

Con respecto a lo anterior se han derivado tres tendencias con miras a preservar la ecología.

- 1.- Plásticos degradables.
- 2.- Recuperación de desechos plásticos y su reincorporación al ciclo productivo.
- 3.- Disminución de la tendencia a lo desechable.

### **2.1. PLASTICOS DEGRADABLES.**

Dentro de los plásticos degradables existen dos tendencias, los biodegradables y los fotodegradables.

Los **BIODEGRADABLES** hechos generalmente a base de carbohidratos inclusive almidón modificado, son los que han tenido mayor impacto. Desgraciadamente su escasez de propiedades estructurales y su alto precio han dificultado su inclusión definitiva en el mercado. En Europa se utilizan en la agricultura, como bolsas protectoras de cultivos y en los supermercados.

Sin duda uno de los esfuerzos más grandes en plásticos biodegradables es el de I.C.I.\* , que desarrolla productos poliméricos biodegradables, producto de la fermentación de azúcar por bacterias llamado **BIOPOL**, que es totalmente degradable en medios con o sin oxígeno, sin embargo, la resistencia estructural del **BIOPOL** sigue dando problemas.

\* ICI: Imperial Chemical Industries Ltd.

Se ha llegado a cuestionar ..... ¿ Que pasa con la química de los polímeros ?, mientras que las tecnologías avanzan la química de los polímeros permanece estática referente a cuestiones ecológicas.

Los polímeros FOTODEGRADABLES, requieren de la luz para iniciar el proceso de descomposición de la molécula polimérica. Pero se debe considerar que en proceso de desecho de basura se forman grandes depósitos de ésta, lo cual obstaculiza el aporte necesario de luz y oxígeno.

El tema de los polímeros degradables ocupó gran atención a finales de la década de los ochentas y principios de los noventas. Actualmente existe una tendencia mayor hacia la recuperación y reutilización de desechos.

## 2.2. RECUPERACION DE DESECHOS PLASTICOS Y SU REINCORPORACION AL CICLO PRODUCTIVO.

Como es de esperarse la recuperación, selección y reincorporación de desechos plásticos es el principal problema de esta tendencia con carácter ecológico. Si se considera que la mayor parte de los plásticos de desecho se encuentran mezclados entre desechos orgánicos, papel, inorgánicos, etc. y además la gran diversidad de plásticos que dificulta el proceso de selección, implica que las personas encargadas de seleccionar los diversos materiales de desecho, tuviesen la especialización para hacer correctamente dicha selección. Porque para que el recuperado se integre de manera óptima es necesario que no se contamine con otros plásticos diferentes.

Algunas conductas que se tendrían que tomar para aliviar gran parte de este problema serían: La selección oportuna de los desechos orgánicos e inorgánicos a nivel individual en la medida de lo posible. Y la formación de empresas especializadas en cuestiones de selección y canalización industrial de desperdicios.

Los plásticos una vez que ya han sido procesados pierden propiedades al reprocesarse, por lo tanto, su reincorporación al ciclo productivo no será al mismo nivel que inicio, por lo que se tendrían que desarrollar productos alternativos, uno de estos es como material de relleno en procesos para extrusión-soplado de envases y película, extrusión de lámina, perfilera, tubería, etc. En lo que se conoce como co-extrusión.

Los materiales recuperados entran como relleno en las capas intermedias, y los materiales vírgenes con propiedades específicas en las capas interiores y exteriores.

### 2.3. DISMINUCION DE LA TENDENCIA A LO DESECHABLE.

Sin duda la disminución de la tendencia a lo desechable es una opción poco comercial, pero sin duda la más sana de las tres. La costumbre del empaque excesivo en la mayoría de los artículos como parte esencial del mismo, contribuyen en gran parte de los desechos generados como basura. En algunos países Europeos se prohíbe dar bolsas en los supermercados, para disminuir la basura generada con estos artículos, observandose éxito con esta medida.

La tendencia comercial que se observa en nuestro país, es de usar y desecharlo, misma que será necesario disminuirla aunque represente un menor consumo de materiales plásticos.

### **3.- DISEÑO DE DADOS DE EXTRUSION.**

Las etapas de diseño de dados de extrusión son:

- 1.- Datos de entrada.
- 2.- Diseño primario del dado.
- 3.- Dimensionamiento primario del dado.
- 4.- Diseño final del dado.
- 5.- Fabricación.
- 6.- Pruebas y ajustes del dado.
- 7.- Aceptación final.

#### **3.1. DATOS DE ENTRADA.**

Se debe especificar la **GEOMETRIA DEL PERFIL** para definir el proceso de fabricación, si es de una o varias etapas de procesamiento, y si es posible su fabricación mediante el proceso de extrusión. Asimismo se deben tomar en cuenta las tolerancias en medidas, medidas críticas, acabados y presentación final.

Es necesario también especificar el **TIPO DE DADO** que se empleará para optimizar la producción del perfil en cuestión.

Existen básicamente tres tipos de dados de extrusión:

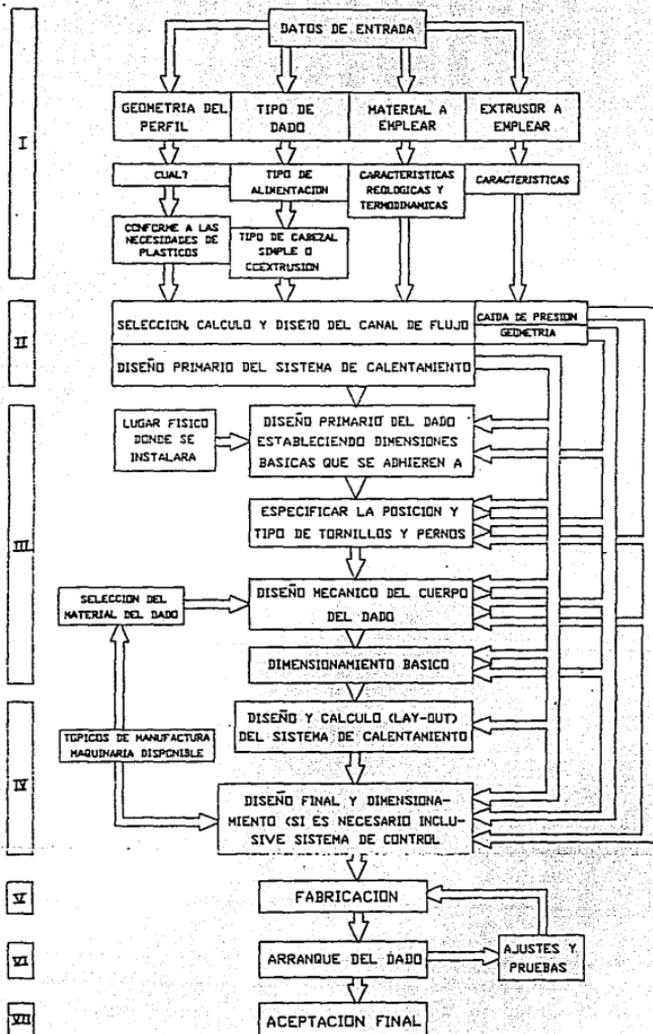
- 1.- Dados de salida directa.
- 2.- Dados de recubrimiento.
- 3.- Dados de co-extrusión.

##### **3.1.1. DATOS DE SALIDA DIRECTA.**

Los dados de salida directa, son los mas comunes y de más extensa aplicación, entre los cuales se encuentran los dados de:

Perfilería.  
Tubería.  
Lámina y película calandreada.  
Película soplada.  
Pelletizado.  
Monofilamento.  
Lámina corrugada.

FIG. 3.11 DIAGRAMA DE DISEÑO RIGUROSO PARA DADOS DE EXTRUSION.



### 3.1.2. DADOS DE RECUBRIMIENTO.

Normalmente a 90° con respecto a la alimentación del extrusor, su aplicación más conocida es la de recubrimiento de cable y alambre para aplicaciones eléctricas. Este tipo de cabezal se aplicará para el recubrimiento del tubo metálico.

Hay dos tipos de dados de recubrimiento, los de recubrimiento interno y los de recubrimiento externo.

En los dados de recubrimiento interno, el recubrimiento se hace en la parte interna del dado fig. (3.2). Se utilizan sobre todo en recubrimiento de conductores eléctricos, debido a la adherencia del plástico en el conductor y a la mayor facilidad de centrado del conductor.

En los dados de recubrimiento exterior, el recubrimiento se efectúa a la salida del dado, fig. (3.3). Estos dados son adecuados para recubrimiento de tubo debido a los grandes claros que existen entre el tubo y la pared interior del mandril, de utilizarse un dado de recubrimiento interior, se tendrían problemas de retorno de material por el interior del mandril.

### 3.1.3. DADOS DE COEXTRUSION.

Son dados que tienen una o más alimentaciones de plástico, es decir, convergen al dado de co-extrusión dos o más extrusores para formar un producto de dos o más capas. Se utilizan generalmente para aprovechar materiales recuperados combinándolos con materiales vírgenes. El material recuperado se incorpora como relleno por su bajo costo y el material virgen no procesado para dar características especiales de protección a la luz o resistencia mecánica. Sobresalen aplicaciones típicas de co-extrusión tales como lámina y película para envasar alimentos, envases soplados para jugos y bebidas, perfiles tipo bisagra con PVC rígido y PVC flexible, lambrines para recubrimiento de paredes y techos de PVC recuperado espumado con una capa de PVC rígido virgen en el exterior, etc.

En este tipo de dados lo más complicado sin duda es el control de los caudales de plástico fundido (melt) con diferentes temperaturas de procesamiento y propiedades reológicas, que se

4.

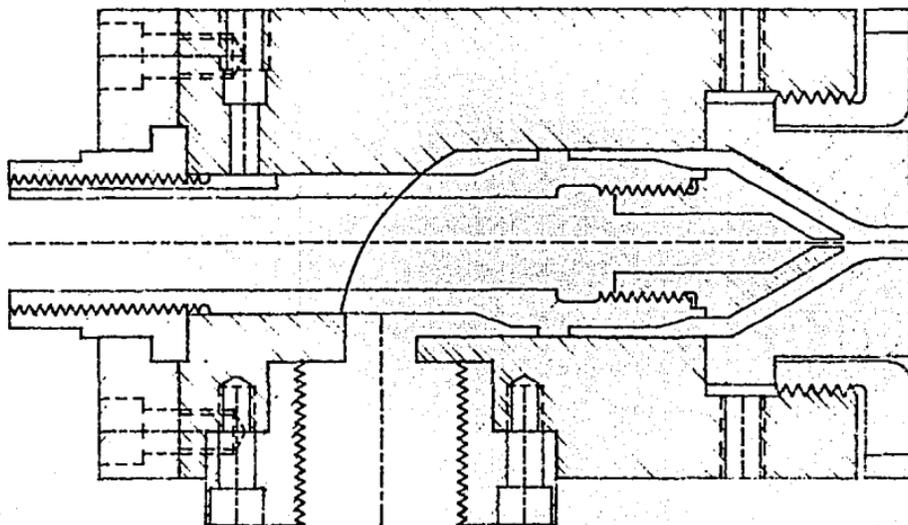


FIG. 3.2: CABEZAL DE RECOBRIMIENTO INTERIOR.

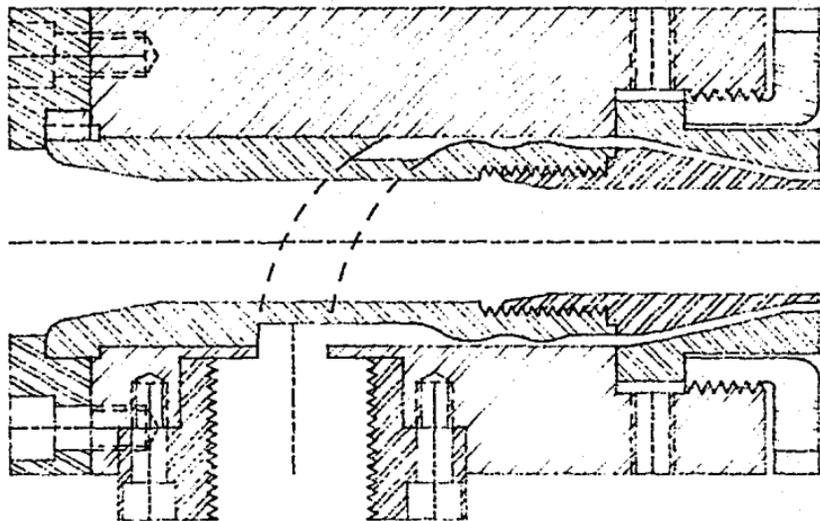


FIG. 3.3: CABEZAL DE RECUBRIMIENTO EXTERIOR.

juntan en el dado de co-extrusión. El manejo de los diferentes materiales, la temperatura que se fija para el dado, la sección del dado en la que se integran los diferentes materiales, las diferentes formas para los diferentes canales de flujo, y otros parámetros de diseño hacen muy difícil la función del diseñador y en algunas ocasiones se tienen que desechar herramientas completas hasta encontrar la configuración correcta del dado.

Se prevé un auge mayor de este tipo de sistemas debido a la creciente tendencia a reutilizar los desechos plásticos, la inclusión de simuladores para predecir el comportamiento de los polímeros y las tecnologías avanzadas de manufactura mecánica de dados de extrusión.

En el diseño de dados de extrusión se debe considerar también el TIPO DE MATERIAL. Del material se deben conocer sus propiedades reológicas y termodinámicas para cumplir las siguientes condiciones:

- El volumen específico de salida del dado sea acorde con la presión de extrusión.
- El plástico fundido (melt) tenga la misma velocidad de salida promedio en toda la sección transversal del dado.
- La geometría del extruido sea lo más homogénea posible para evitar al máximo los efectos viscoelásticos del material (memoria de extruido) como torceduras, curvaturas o deformaciones después de extruido.
- Evaluar si el extruido permanece liso aún a altas velocidades de extrusión (a altas velocidades volumétricas de salida puede ocurrir fractura de melt).
- Evitar en todo momento las zonas de estancamiento que generan descomposición del material. Esto sucede con tiempos de residencia muy grandes. En general para evitar estancamientos de material, sobretudo en materiales térmicamente inestables, tales como el PVC que se debe trabajar para que el ángulo que converge al canal de flujo del dado sea de aproximadamente 30° y las paredes estén perfectamente pulidas.

Las consideraciones termodinámicas guardan mucha similitud con las reológicas. Y en general se deben tomar en cuenta las temperaturas de operación con base a relaciones de transmisión y disipación de calor del material, sobretudo en materiales térmicamente inestables.

Del EXTRUSOR A EMPLEAR se debe tomar en cuenta el tipo de husillo (si es adecuado para el material a emplear). Si el extrusor es

adecuado para la velocidad que se pretende en la línea, si es de velocidad variable con controlador de velocidad variable o con velocidades fijas.

Con estos datos se pasa a la siguiente etapa de diseño.

### 3.2. DISEÑO PRIMARIO DEL DADO.

En esta etapa se selecciona, calcula y diseña el canal de flujo con base a las a las consideraciones reológicas y tipo de producto. Se debe calcular en esta etapa también la caída de presión en el dado, predimensionar el dado y diseñar el sistema de calentamiento procurando siempre que éste sea lo más homogéneo posible.

### 3.3. DIMENSIONAMIENTO PRIMARIO DEL DADO.

Se debe efectuar el primer plano con dimensiones para comparar contra el lay-out en la planta. Se deben especificar también diámetros y posiciones de tornillos de fijación y pernos de registro, así como anexar el diseño mecánico del cuerpo tomando en cuenta como presión de diseño cinco veces la que genera el extrusor, para que en base a esto se calculen diámetro de tornillos, tipo de acero de fabricación y geometría del cuerpo.

Es necesario considerar también que no es posible generar en los herramientas cualquier geometría por óptima que parezca y será necesario tomar en cuenta la maquinaria disponible para fabricar un dado, que sea de maquinado accesible, de fácil armado-desarmado y previniendo versatilidad en aplicaciones futuras como cambio de diámetro de producto, lo mismo aplica para las resistencias de calentamiento.

En el proceso de extrusión a diferencia al de inyección, el dado se mantiene a una sola temperatura, por lo tanto no está sujeto a cambios intermitentes de ésta, de ahí que para el cuerpo, tapas y adaptadores un acero al carbón con o sin tratamiento térmico sea adecuado para la mayor parte de las aplicaciones. Además de que el tratamiento térmico (temple) dificulta las labores de ajuste.

### 3.4. DISEÑO FINAL DEL DADO.

Se hace el plano de la(s) resistencia(s) de calentamiento normalmente de banda tipo tramitas de 220 Volts y Wattaje máximo admisible.

### 3.5. FABRICACION.

La parte clave que culmina en un buen diseño es disponer de buena maquinaria debido a la gran diversidad y complejidad de los perfiles, así como la velocidad de respuesta del fabricante al cliente. Estos son factores que inclinan la balanza a las tecnologías CAD-CAM (Computer Aided Design-Computer Auxillary Machinery), es decir, máquinas operadas con un controlador que recibe información de un programa de CAD.

Máquinas CAD-CAM que se utilizan con mucha frecuencia en la manufactura de dados de extrusión son:

CENTROS DE MAQUINADO (FRESADO CAD-CAM).  
TORNOS AUTOMATICOS CNC.  
EROSIONADORA DE ALAMBRE CNC (WIRE EDM).  
EROSIONADORA DE PENETRACION CNC.

De aquí la importancia de elaborar el diseño del dado por computadora en paquetes de CAD de uso difundido, tales como AutoCad y Cadkey, que posteriormente se pueden exportar a paquetes de CAM versátiles como SmartCam que efectúan la conversión a lenguaje máquina.

En el dado de extrusión por estar sujeto a altas presiones, una diferencia pequeña en los diferentes canales de flujo genera un extruido desbalanceado en flujos, el cual habrá necesidad de ajustar, debido a esto se emplea la máquina de electroerosión por alambre CNC para lograr figuras y cortes que de otra manera parecerían irrealizables.

La inclusión de este tipo de tecnologías ha permitido que dados muy complicados se fabriquen en tiempos cortos y con una precisión inclusive de micras, lo cual garantiza la fabricación casi exacta de lo plasmado en los planos de diseño y que el número de pruebas-ajustes de los dados se reduzca considerablemente.

### **3.6. PRUEBAS Y AJUSTES DEL DADO.**

No obstante la inclusión de las computadoras en el diseño y fabricación de dados de extrusión, normalmente hay necesidad de probar e ir ajustando los dados, y es precisamente en esta etapa donde la experiencia y sentido práctico del fabricante juegan un papel fundamental en el ajuste del dado. Se considera esta como la fase crítica en el proceso de fabricación de un dado de extrusión.

El dado se ajusta para una máquina y un material específicos y al cambiar cualquiera de los dos o ambos, se pueden esperar cambios en las condiciones de flujo.

En las pruebas-ajustes del dado es importante estén involucrados plenamente el fabricante del dado y el usuario del perfil para ajustar el producto con miras hacia la funcionalidad práctica más que estrictamente a las medidas plasmadas en el diseño del perfil.

Es importante que todas las modificaciones en el dado se registren como una bitácora y se evalúen también los cambios generados en el perfil, de esta manera, además de ganar experiencia en el ajuste de dados se tiene un parámetro de comparación valioso. Dos reglas empíricas muy valiosas en el ajuste son que cuando falte largo en alguna sección, se debe proceder a dar flujo al dado por la parte de entrada del material y cuando falte espesor se debe trabajar por la parte de la salida del dado.

### **3.7. ACEPTACION FINAL DEL DADO.**

Tomando en cuenta que aún en la etapa de producción habrá diferencias pequeñas en el producto, se debe buscar la funcionalidad práctica del mismo.

#### **4.- PROCESO DE FORRADO DE TUBO.**

El proceso de forrado de tubo se ha dividido en operaciones unitarias que intervienen en el proceso de forrado según se puede ver en la figura (4.1.) las cuales son:

- 1.- EXTRUSOR.
- 2.- PRECALENTADOR.
- 3.- CABEZAL DE FORRADO.
- 4.- ENFRIADOR DE AIRE.
- 5.- JALADOR DE ORUGA.
- 6.- CORTADORA VIAJERA.

##### **4.1. EXTRUSOR.**

Tiene dos funciones, por un lado transportar el plástico hacia la salida o dado y por el otro plastificar el material pasándolo de la fase sólida (polvo o pellet) a la fase fluida (melt) mediante calor por resistencias y esfuerzo friccionante a través de un tornillo sinfín llamado husillo y una camisa llamada cilindro, fig. (4.2.).

##### **4.2. PRECALENTADOR.**

Se emplea para precalentar el tubo y mejorar las propiedades de adherencia entre el tubo y el plástico.

##### **4.3. CABEZAL DE FORRADO.**

Cabezal de extrusión tipo ángulo a 90° con respecto a la alimentación del extrusor. En el cual entra por un lado el plástico fundido proveniente del extrusor y a 90° el tubo precalentado. En el interior del cabezal se forma un tubo de plástico que cubre el diámetro externo del tubo metálico forrándolo en la parte de salida del cabezal.

##### **4.4. ENFRIADOR DE AIRE.**

Se enfría el tubo forrado caliente mediante una corriente de aire frío de ventilador.

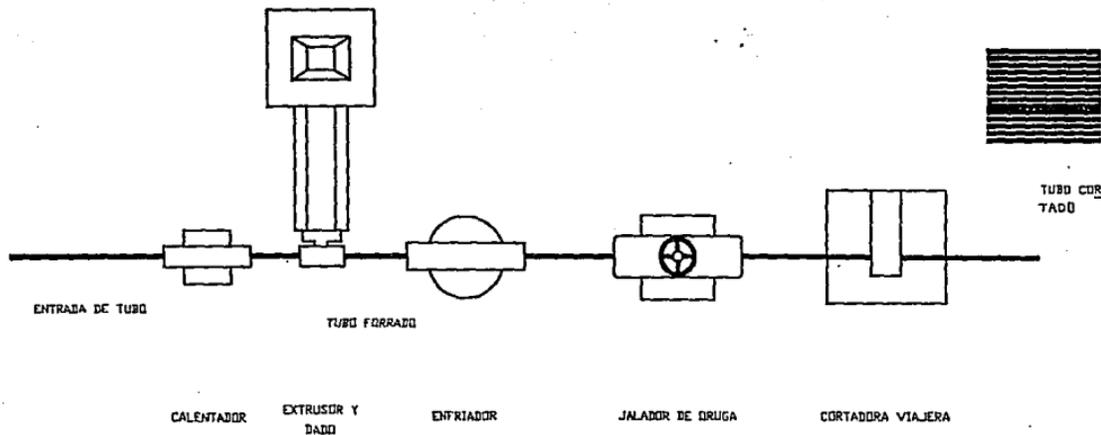


FIG. 4.1 LAY-OUT DE LA LINEA DE FORRADO DE TUBO

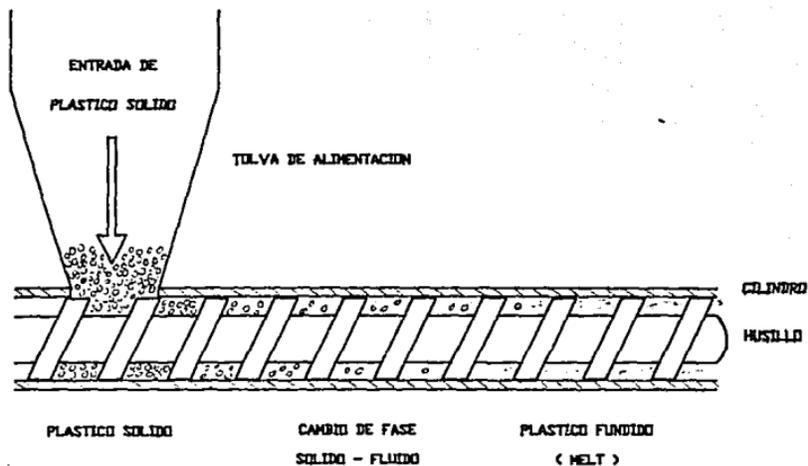


FIG. 5.2. PROCESO DE EXTRUSION DE PLASTICO.

#### 4.5. JALADOR DE ORUGA.

Mantiene el movimiento de la línea arrastrando el tubo forrado por las diferentes etapas del proceso.

#### 4.6. CORTADORA VIAJERA.

Parte final de la línea, corta el tubo forrado a la medida requerida.

Además de los componentes de la línea de extrusión de forrado de tubo, también hay que considerar la materia prima, el polietileno de alta densidad y el tubo metálico.

#### MATERIA PRIMA.

##### POLIETILENO DE ALTA DENSIDAD.

El polietileno es sin duda el material de mayor consumo a nivel mundial, descubierto a mediados de la década de los treinta, no tubo gran aplicación sino hasta la segunda guerra mundial gracias a sus excelentes propiedades de recubrimiento. El descubrimiento inicial se hizo en Inglaterra por la Imperial Chemical Industries Ltd. quienes construyeron la primera planta de aplicación comercial. Actualmente los principales productores a nivel mundial son Union Carbide y Dupont de los Estados Unidos.

Sus propiedades más importantes son:

Temperatura de procesamiento: 180 a 200 °C

Contracción lineal de moldeo: 2 a 5%

Gravedad específica: 0.941 - 0.961

Volumen específico: 29.6 - 28.6 in /lb

Resistencia a la tensión: 3100 a 5500 psi.

Dureza Rockwell: 60 a 70 Shore D

Características Dieléctricas: Excelentes para recubrimiento de conductores eléctricos.

##### TUBO METALICO.

El tubo metálico es de lámina de fierro calibre 26 AWG. De 3/4" de diámetro nominal.

## **5.- DISEÑO DEL CABEZAL DE EXTRUSION.**

Al igual que el proceso de forrado se dividió en sus diferentes operaciones unitarias, el cabezal de extrusión se divide en sus componentes según se muestra en la figura 5.1.:

- 1.- Cuerpo del cabezal.
- 2.- Corazón o mandril.
- 3.- Brida trasera.
- 4.- Tuerca adaptadora extrusor.
- 5.- Bushing.

### **5.1. CUERPO DEL CABEZAL.**

Base del cabezal, se alojan en él los componentes del dado en su parte interior, y en su parte exterior, la resistencia de calentamiento. Se fabrica en acero 9840 templado a 42-44 Rc. de dureza para evitar las deformaciones por el calentamiento. Se fabrica mediante torneado y fresado.

### **5.2. CORAZON O MANDRIL.**

Gufa del tubo a forrar y orientador interno del material del extrusor a la salida del forro de plástico. Forma la pared interna del tubo. Se fabrica en acero 9840 templado a 42-44 Rc. de dureza.

El diámetro interior del corazón debe ser 0.5 mm. más grande que el diámetro nominal del tubo, para aceptar las diferencias en el diámetro exterior del tubo, ovalamientos, golpes, etc. Debe tener además un redondeo en la parte de entrada del tubo, para que éste entre con facilidad.

El corazón es la parte fundamental del cabezal y por lo tanto su fabricación es la parte más delicada del diseño. En el corazón el material se orienta a 90° con respecto a la alimentación del extrusor. Se fabrica mediante torneado, fresado y electroerosión por penetración.

### **5.3. BRIDA TRASERA.**

Sujeta el corazón contra el cuerpo del cabezal, y por medio de un cuñero no permite se de vuelta y pierda su posición. Se fabrica en acero 9840 tratado mediante torneado y fresado.

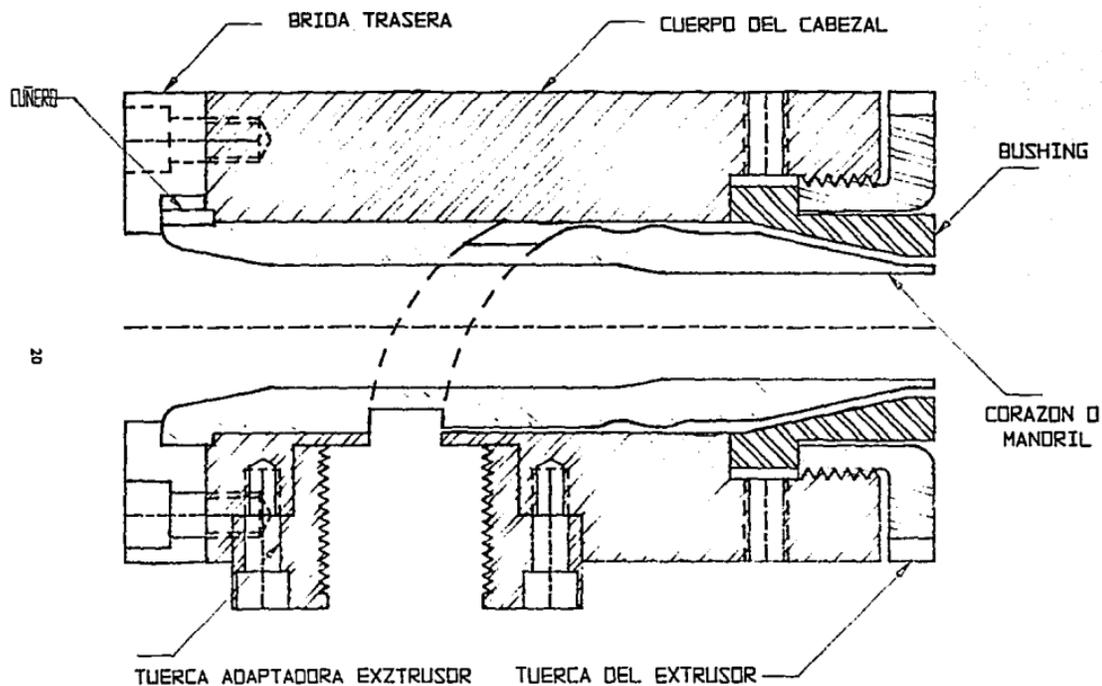


FIG. 5.1.- ENSAMBLE CABEZAL DE FORRADO DE TUBO.

#### **5.4. TUERCA ADAPTADORA EXTRUSOR.**

Se acopla al cabezal y al adaptador del extrusor, sirve para adaptar el cabezal al extrusor. Se fabrica en acero 9840 tratado mediante torneado y fresado.

#### **5.5. TUERCA DE AJUSTE.**

Aprieta el "bushing" al cuerpo del cabezal para mantenerlo fijo pero a la vez permite que se pueda centrar con los tornillos centradores. Se fabrica en acero 9840 tratado 28 - 34 Rc. de dureza mediante torneado y fresado.

#### **5.6. BUSHING.**

Formador de la pared exterior del forro de plástico. Esta pieza está sujeta a movimiento mediante unos tornillos centradores para la calibración del forro. Se fabrica en acero H-13 que tiene un alto contenido de cromo, para su fácil pulido. Que se traduce en un buen acabado en la parte exterior de forro.

La parte plana del "bushing" que forma la parte final del producto conocida como "die-land" es de 5 a 7 veces el espesor del plástico. Se fabrica por erosión CNC.

## **6.- PRUEBAS DE CABEZAL Y PRODUCTO.**

Se probó el cabezal de forrado con un extrusor de 60 mm. de diámetro marca Beutelspacher de fabricación nacional, con husillo L/D de 28:1 de doble filo. El extrusor cuenta con las tres zonas de calentamiento y una más para el cabezal.

Las temperaturas empleadas fueron:

Zona 1	: 170 °C
Zona 2	: 190 °C
Zona 3	: 190 °C
Zona 4	: 190 °C

El material utilizado fue polietileno de alta densidad, clave PE-3008, fabricado por Hoechst pigmentado de color blanco y en presentación de pellet.

Se realizó una primera prueba en la que se observaron problemas para controlar el espesor del forro. Se abrió el bushing 0.5 mm. totales en el diámetro para poder controlar el espesor mediante el jalador de oruga.

Una vez que el cabezal está operando correctamente, se procedió al tratamiento térmico del corazón o mandril (temple), ya que puede haber desgaste debido al continuo rozamiento con el tubo.

El producto obtenido ya cortado a la medida se complementó con el par de regatones inyectados también en polietileno de alta densidad. Se verificó el ajuste de los componentes, inclusive bajo condiciones de exposición solar prolongada.

Las pruebas en el producto se hicieron incorporando un cepillo de escoba convencional al palo ecológico, barriendo diferentes tipos de superficies por espacio de dos meses. Durante éste intervalo de tiempo no se detectaron cambios en la estructura, oxidación del metal o desprendimiento de los regatones, comprobándose con esto su funcionalidad.

El precio comercial considerado para éste artículo tentativamente es de N\$ 1.35 completo con sus regatones en producciones de más de 100,000 palos ecológicos.

El precio comercial del palo de escoba de madera pintado y con cuerda, oscila entre los N\$ 0.95 a N\$1.45, según tres de los principales productores a nivel nacional.



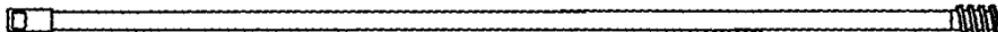
REGATON TAPA



TUBO FORRADO DE PLASTICO



REGATON CUERDA



PRODUCTO FINAL ENSAMBLADO

FIG. 7.1: PALO DE ESCOBA ECOLOGICO.

A continuación se presenta un cuadro comparativo para evaluar las ventajas y desventajas del palo de escoba de madera y el palo ecológico.

CARACTERISTICA	PALO DE MADERA	PALO ECOLOGICO
PRECIO (N\$)	0.95 - 1.40	1.35
APARIENCIA VISUAL	REGULAR	BUENA
VIDA MEDIA (AÑOS)*	1 - 2	HASTA 20
DEGRADABLE**	SI	NO
RECICLABLE	FACIL	DIFICIL

\* Considerando condiciones normales de Interperismo.

\*\* En condiciones normales.

## **7.- ANALISIS DE RESULTADOS.**

El quehacer de los dados de extrusión representa siempre un reto para el diseñador, sobre todo en la parte de pruebas y ajuste del herramienta. Además la escasa información técnica al respecto y la dificultad de resolver las ecuaciones fenomenológicas involucradas en el proceso de extrusión, hacen que el diseño de dados de extrusión sea una tarea mas bien empírica, cimentada en la precisión mecánica de fabricación.

Como era de esperarse se tuvieron que hacer varias pruebas para ajustar el cabezal de forrado.

El precio del palo de escoba ecológico, ligeramente más alto que el palo de escoba de madera, podría ser un obstáculo para su comercialización masiva. Pero tomando en cuenta la escasez de madera no es factor fundamental.

Es importante hacer notar que así como la tala de bosques altera el equilibrio ecológico, la basura que se genera en las diferentes actividades humanas también lo es. Sabemos que la madera después de un variable tiempo de vida, se degrada y se integra al ciclo biológico. No obstante el palo ecológico no es degradable y una vez que termine el tiempo de vida útil de la escoba pasará a formar parte de los desechos generados. De esta manera se tiene que pensar en una de las tendencias ecológicas descritas anteriormente, la disminución a lo desechable. Con esto proponemos que solo se reemplace el cepillo cuando se gaste y que el palo ecológico quede para poder seguir haciendo uso de él.

## **8.- CONCLUSIONES.**

El palo de escoba de madera representa una cantidad importante en el consumo global de madera, por lo que su sustitución es un logro importante en la cuestión ecológica.

El cabezal de forrado de tubo diseñado opera correctamente con el extrusor y el material elegidos para las pruebas.

El palo ecológico integrado con sus regatones y cepillo reúnen las cualidades funcionales que lo hacen un buen sustituto para el palo de madera.

Con miras siempre a la cuestión ecológica, se tratará de incidir sobre la comercialización del artículo para que no se deseche y que sólo se reemplace el cepillo, tomando en cuenta que el palo ecológico no es degradable. Aunque comercialmente no sea la mejor opción.

## **9.- BIBLIOGRAFIA.**

### **INFORMACION DIRECTA**

- Curso "Diseño de cabezales y dados de extrusión".  
23, 24 y 25 de abril de 1991  
Llevado a cabo en el hotel Stouffer Presidente  
México, D.F.
- Seminario Técnico.  
K'92 International Plastic + Rubber fair.  
29 de Octubre al 5 de Noviembre 1992  
Düsseldorf, Alemania.
- Seminario Técnico.  
N.P.E.'91 International Plastic Exhibition.  
17 al 21 de junio, 1991  
Chicago, Ill, U.S.A.

### **LIBROS Y REVISTAS.**

- Michaelli, W.; "Extrusion Dies" ed. Carl Hanser Verlag, pp. 9-41 y  
129-159, Germany (1984).
- Carley, J.F.; Rheology and die design, S.P.E. Journal (1963). 9.
- Procter, B.; Flow analysis in extrusion dies, S.P.E. Journal (1972). 2.