

JURADO ASIGNADO

PRESIDENTE: Prof. FLORES RAMIREZ HELIO
VOCAL: Prof. SANDOVAL MARQUEZ REBECA MARIANA
SECRETARIO: Prof. RIUS ALONSO CARLOS
1er. SUPLENTE Prof. ROJO CALLEJAS FRANCISCO
2o. SUPLENTE Prof. CASSAIGNE HERNANDEZ MARIA DEL ROCIO

SITIO DONDE SE DESARROLLO EL TEMA:

LABORATORIO 204; DIVISION DE POSGRADO DEL DEPARTAMENTO DE QUÍMICA ORGÁNICA, FACULTAD DE QUÍMICA, UNAM.

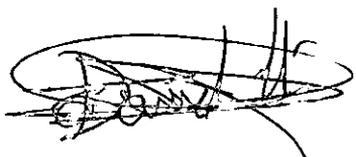
250599

ASESOR DE TESIS



Dr. RIUS ALONSO CARLOS

SUSTENTANTE



DAVID CONTRERAS LOPEZ



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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 esta 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.

*Al amor primero:
por la que forje mis sueños
a la dueña de mis recuerdos
te dedico todo este esfuerzo.*

*El sueño que se había forjado
hoy se ha logrado,
gracias por creer en mí
que yo también pienso en tí.*

a.SRRF

A la Facultad de Química.

Gracias por haberme recibido en tus brazos, porque en tí encontré mi verdadero camino; servir a mi Patria, logre unos grandes amigos que además de ser sinceros son de lo mejor que hay en el mundo.

A la UNAM.

El ser universitario es un gran orgullo, más ser integrante de la universidad de mayor transcendencia en México, es y ha sido uno de mis mayores sueños logrados en mi vida. No te defraudare!

A MÉXICO.

Eres gigante, pues al oír tu bello nombre da la idea de tu gran fuerza; por eso, el pertenecer a tu comunidad me es un agradable honor. Mexicano soy y con orgullo siempre lo demostrare ante los demás. Gracias por dejarme habitar en tu suelo, eres un magnifico país.

A Dios.

Por permitirme llegar a la meta que me propuse desde que ingrese a la UNAM, y sólo tú y yo sabemos cual es.

A mi Madre.

Por darme la vida, por enseñarme con ejemplos que todo lo que uno se propone se puede lograr y lo más importante, por ser mi Madre!!!

Al Dr. Carlos Rius Alonso.

Es un ejemplo a seguir, porque me demostró con las breves pláticas que sortuvimos, que todo ciclo tiene un tiempo y éste ya se cumplió. Dentro de la escala del 0 al 10 usted es mi 10, le prometo llegar al 20.

A mi Familia.

Gracias por ser así conmigo, fueron un incentivo a luchar por mis objetivos.

A mi tía Josefina y a mi tío Facundo.

Ustedes son una pareja que representan mucho en mi vida, a pesar de la distancia que nos separa, no nos separa el lazo de la familia. Gracias.

A la familia González Bautista.

Porque han significado mucho en mi vida, por haber abierto su hogar a mi persona, por su valiosa amistad y el apoyo sin interés que me ofrecieron.

A la familia Rodríguez Fierro:

Por los momentos compartidos que existieron y sólo les deseo sigan forjando esa unidad que varias veces me compartieron.

A mis amigos:

El haberlos conocido durante mi estancia en la Universidad me demostraron que los verdaderos amigos se forjan en esta época de la vida. Sobre todas las cosas del mundo, ustedes son lo mejor. A Enrique A. Tirado R., también para mí eres como un hermano. A Perfecto García C., eres un cuate con quien me identifiqué mucho. A F. Javier Esquivel F., das la ayuda sin esperar recibir algo a cambio; nunca cambies. A Jorge González F., eres un amigo que lucha y con ello también me identifiqué; sigue adelante. A José A. Bautista M., porque eres de los primeros con quien conviví en la Facultad de Química. A Miguel Castro L., como un día lo confesamos, eres mi mejor amigo; ni el tiempo ni la distancia me hará cambiar de idea.

A Ana Lilia Niño-Ch.

Lo único que puedo decirte es: Gracias!!!, porque no hay palabra que pueda definir a todo lo que hicistes por mí. Solo mi corazón y mi mente te muestran mi agradecimiento.

Nuevamente Gracias!!!

A los Truchos:

Por los momentos que pasamos, de los encuentros en la biblioteca, en las donas en los pasillos, en los salones, etc. A Ricardo Figueroa, Marí Paz, Marco A. Varela, Blanca E. Mojica, Eva Sánchez, Gerardo Pacheco, Bibiana Yañez, Raquel, Magali, Leticia. A todos los Truchos.

A los integrantes de Protectores Plásticos:

Cuando ingrese a la fabrica, lo que encontré fue un ambiente de cordialidad. Especialmente a Don Moy y al Ing. Rene que fueron los que me explicaron detalladamente los procesos de Extrusión, Inyección y Calandreo. A Rosa por ayudarme a escribir la Tesis. A todos gracias!!!

Al departamento de Química Orgánica:

Saben ser un equipo que en las buenas y en las malas se dan la mano; eso demuestra la sencillez del espíritu de ayuda; especialmente es este agradecimiento al Laboratorio 204 donde pase buenos detalles. A la maestra M. Yolanda González Q. y a Raúl Genis por ayudarme a la realización de esta Tesis.

A todas aquellas personas que en éste momento se han escapado de mi mente.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN	1
ANTECEDENTES	4
<i>Tipos de Plásticos</i>	4
<i>Tipos de Extrusores</i>	4
<i>Tipos de Dados</i>	6
<i>Extrusor Mono-Husillo</i>	6
<i>Zonas en que se Compone una Extrusora</i>	6
<i>Principios Básicos para las Propiedades de Flujo</i>	7
<i>Análisis y Consideraciones Básicas para el Diseño</i>	7
<i>Para el Extrusor</i>	7
<i>Para el Dado</i>	9
DESARROLLO DEL PROGRAMA	12
<i>Para el ambiente del <u>Proceso de Extrusión</u></i>	12
<i>Para el ambiente del <u>Diseño</u></i>	12
<i>Consideraciones y Ecuaciones Utilizadas</i>	12
<i>Propiedades de los Materiales</i>	13
<i>Cálculo de la Viscosidad</i>	15
<i>Secuencia de Cálculo para el Husillo</i>	17
<i>Secuencia de Cálculo para el Dado</i>	18
<i>Definiciones Geométricas para el paso de Flujo</i>	18
<i>Velocidad de Corte</i>	19
<i>Velocidad Promedio</i>	19
<i>Caída de Presión</i>	20
<i>Cálculo de la Temperatura</i>	20
<i>Cálculo de la Longitud</i>	20
<i>Cálculo del Adaptador</i>	20
<i>Cálculo de la Entrada del Canal</i>	21
<i>Secuencia de Cálculo para el Dado Tubular</i>	22
<i>Secuencia de Cálculo para el Dado de Hilado</i>	24
<i>Secuencia de Cálculo para el Dado de Película</i>	26
<i>Secuencia de Cálculo para el Dado de Recubrimiento de Cable</i>	29

MANEJO DEL PROGRAMA	33
<i>Características Necesarias para correr EXTRUSIÓN</i>	33
<i>Como Realizar la Instalación de EXTRUSIÓN</i>	33
<i>Consideraciones Pertinentes</i>	34
<i>El Panel de Control</i>	34
<i>La Barra de Títulos</i>	34
<i>El Menú Principal</i>	35
<i>Los Iconos</i>	35
<i>Para Finalizar una Sesión en EXTRUSIÓN</i>	35
<i>Para Cambiar de una Aplicación a Otra</i>	35
<i>El Mouse</i>	36
<i>Manipulación de los Comandos de EXTRUSIÓN</i>	37
<i>En el Ambiente de PROCESO DE EXTRUSIÓN</i>	38
<i>En el Ambiente de DISEÑO</i>	39
<i>Menús para el Ambiente de PROCESO DE EXTRUSIÓN</i>	42
<i>Menús para el Ambiente de DISEÑO</i>	43
<i>Manejo de los Ambientes</i>	44
<i>Subrutina del Proceso de Extrusión.</i>	44
<i>Subrutina del Diseño.</i>	45
<i>Husillo</i>	46
<i>Dado</i>	50
<i>Aclaraciones y/o Advertencias para el Diseño de los Dados</i>	54
CONCLUSIONES	55
BIBLIOGRAFIA	56

INTRODUCCIÓN

En la actualidad el uso de las computadoras como herramienta en aplicaciones prácticas y/o complejas es una realidad y prescindir de ellas es consumir horas-hombre innecesariamente. El objetivo de la presente Tesis, es crear un programa de computo en Multimedia que explique el proceso de extrusión de plásticos además de poder simular el diseño del tornillo tomando como variable el diámetro o la cantidad (carga) de plástico suministrado a una extrusora Mono-Husillo. Los diseños de Dado que se efectuarán son: hilado, laminado, película, tubería y recubrimiento de cable.

Se utilizarán seis polímeros (PMMA, PVC, PS, PP, HDPE, LDPE) debido a que son los materiales más utilizados en ésta industria y por lo cual la información de sus propiedades termodinámicas son fáciles de hallar; también, es para dar una idea de la amplia variedad que se puede lograr con este proceso de transformación de plásticos. Otros de los objetivos es el obtener la información que sirve para explicar el proceso de extrusión de un modo más rápido, menos estático con los gráficos e iterativo con el usuario. De ahí, el hecho de haber seleccionado Multimedia, pues Multimedia es cualquier combinación de sonido, vídeo, animación, texto y gráficos que pueden ser aplicados en una computadora.

El programa que se anexará a este trabajo de Tesis se elaborará en el lenguaje de programación de OpenScript en el ambiente de Multimedia ToolBook, que es una aplicación desarrollada para Windows Microsoft. OpenScript es un lenguaje de programación orientado a objetos; esto es, a la tarea de crear aplicaciones diferentes del modo que lo hacen los lenguajes de programación tradicional, la aproximación de estos es que se le indica a la computadora que procesos llevar a cabo, más con OpenScript es usado para indicar a los objetos que es lo que deben hacer. Un objeto en ToolBook son los botones, campos, gráficas, grupos, paginas, fondos; todo lo que se puede realizar en ToolBook es un objeto.

Este programa de computo (que se llamará EXTRUSIÓN) servirá para dar una idea de las tantas opciones en que se pueden utilizar las computadoras como un instrumento para la Ingeniería Química, sin llegar a ser un sustituto del hombre para la solución de problemas.

EXTRUSIÓN estará comprendido de dos partes:

Proceso de Extrusión. En él, se explicarán los siguientes puntos:

1. Que tipos de materiales se puede procesar.
2. Equipos y/o servicios auxiliares necesarios para realizar el trabajo.
3. Los rangos de las condiciones de operación en las que se trabaja.
4. Como iniciar el arranque, corrida y el paro de los equipos secuencialmente.
5. Los tipos de mantenimiento necesarios para la línea de extrusión.
6. Propuestas de solución a problemas típicos que se llegan a generar durante el inicio, corrida y paro de la línea.
7. Los tipos de perfiles que se pueden generar en el proceso de extrusión.

Diseño. Estará enfocado a simular el diseño del Husillo de una extrusora y el Dado de un perfil especificado en el programa. En el caso del husillo, se tendrán dos opciones para el diseño, en uno la Producción Másica; el rango de introducción de valores estará especificado entre 1 hasta 14 000 Kg/h; y la otra opción será en el Diámetro del Husillo (en realidad es el diámetro interno del barril del extrusor). Ambos contarán con: 1 ", 1 ¼ ", 1 ½ ", 1 ¾ ", 2 ", 2 ½ ", 3 ", 3 ½ ", 4 ½ ", 6 ", 8 ", 10 " y 12 " para ser seleccionados en la realización del diseño. Además se manejarán las siguientes relaciones de longitud-diámetro (L/D): 15, 20, 24, 30 y 36.

En el caso del Dado, se tendrá la opción de diámetro de entrada al adaptador, que corresponde al diámetro interno del barril.

El presente trabajo va dirigido principalmente a estudiantes de la carrera de Ingeniería Química y a técnicos e ingenieros que trabajan en la industria de la transformación del plástico; específicamente al proceso de extrusión mono-husillo.

Como requisito previo necesario para la comprensión de la Tesis, es conocer someramente sobre las características de los materiales plásticos (propiedades termofísicas principalmente), que influyen en la facilidad o dificultad para extruirlos, además del manejo de Windows Microsoft, mínimo versión 3.1.

El proceso de extrusión es uno de los más importantes en la industria de la transformación de estos materiales, y prácticamente; casi todos los plásticos son extruidos en algún punto, desde que se obtienen en la planta química de polimerización hasta que experimenta el proceso de transformación en artículos de consumo. La palabra "extrusión" viene de los vocablos latinos "ex" y "trudere" que significan respectivamente "fuerza" y "empuje"; así, se puede definir previamente al proceso de extrusión como el proceso de generar longitudes ilimitadas con una sección transversal constante, conformando al material obtenido al pasarlo a través de una boquilla bajo condiciones controladas. Entre los productos que se pueden manufacturar se encuentran:

- **Película Plástica** para bolsas de empaquetamiento, construcción de caminos y edificios.
- **Tubería de Plástico** para agua, gas, drenaje, venteo y plantas químicas, también para automóviles, control de cables caseros, laboratorios, usos médicos, envases de refresco, jardín.
- **Cable Aislado con Plástico** para hogares, automóviles, teléfonos, distribución de energía eléctrica y aplicaciones diversas.
- **Filamentos Plásticos** para brochas, ropa y cuerdas, hilo de pescar.
- **Papel Recubierto de Plástico** (película y laminilla) para cartones de leche, empaquetamiento de carnes y como barrera contra la humedad.
- **Laminas Plásticas** para productos formados, señalamientos, alumbrado y vidriado.
- **Perfiles Plásticos** para marcos de ventanas, empaquetaduras, etc.

Entre otros.

El corazón de un extrusor es un husillo o tornillo que gira dentro de un barril o cilindro, y es capaz de bombear (empujar) un material a una velocidad específica, bajo ciertas condiciones de operación.

Cuando un material termoplástico se alimenta al extrusor, el husillo lo empuja hacia adelante a lo largo del barril, donde se calienta y se transforma en fluido. El fluido continúa y al final se le hace pasar a través de un Dado que proporciona el perfil o la forma final deseada. Una vez que sale del Dado, el fluido debe ser enfriado rápidamente para mantener la forma que se obtiene en esta zona. Este equipo puede considerarse como una resistencia al flujo; entre más largo y pequeño sea el orificio de paso, mayor será la resistencia para empujar el material fundido.

ANTECEDENTES.

Tipos de plásticos.

Los plásticos son materiales poliméricos sintéticos, compuestos de un alto peso molecular y se clasifica en:

- a) **Termoplásticos** Tienen la cualidad de que la forma puede cambiar repentinamente por el calentamiento y deformación mecánica, sufriendo alteraciones en sus propiedades. Contiene moléculas lineales, no representan reticulación entre las moléculas individuales (gran ventaja en el proceso de moldeo (tanto en extrusión e inyección), donde lo sobrante puede ser reciclado). Ejemplos de estos materiales son el policloruro de vinilo (PVC), los polietilenos (PE's), los polipropilenos (PP's), etc.
- b) **Termofijos** Tienen masa rígida, es infusible. La estructura molecular es cruzada con uniones químicas fuertes entre las cadenas poliméricas (no hay desplazamiento entre las moléculas). No pueden ser reciclados y un calentamiento excesivo produce carbonización. Ejemplo de estos materiales son los epoxis, los poliuretanos, los silicones, los hules, etc.

Tipos de extrusores.

Hay varios tipos de extrusores, entre los cuales se encuentran:

a) Extrusor doble Husillo:

Este extrusor consiste de dos husillos de igual longitud, ambos colocados en el interior del mismo barril. Una manera de categorizar a estos extrusores, es por la geometría de los tornillos (husillos), de las hélices y de los canales. La primera subdivisión depende de la posición de los husillos en relación de uno con el otro:

- I. *husillos que no engranan*
- II. *husillos que si engranan*

Considerando los extrusores con husillos que sí engranan, la segunda división depende de la forma, tamaño de las hélices y canales de los husillos:

- A. *Husillos no conjugados* Las hélices de un husillo ajustan flojamente en los canales del otro y dejan un amplio claro.
- B. *Husillos conjugados* las hélices de un husillo ajustan perfectamente en los canales del otro y dejan un mínimo de claro.

También se puede tener:

- I. *Husillos corrotatorios* Los tornillos giran en la misma dirección.
- II. *Husillos contrarrotatorios* Un tornillo gira en la dirección opuesta al otro.

b) *Extrusores sin tornillo:*

Es lo más nuevo y revolucionario en la innovación tecnológica en extrusores sin tornillo que utilizan otros modos de fundido y bombeo del polímero al Dado; uno es llamado **extrusor de rotor isotérmico** y otro **procesador de disco paquete**.

El primero fue desarrollado para reducir el consumo de energía en un 20 % o más y también para producir substancialmente películas más anchas que las disponibles. Además de usar un tornillo plastificante, emplea un tambor rotante que es coaxial con el barril estacionario. La acción de la alimentación, transición/compresión y fundido ocurren dentro del espacio entre el rotor y el barril.

El segundo tipo de extrusor, esta basado en el principio de discos corrotantes con una o más cámaras anulares entre ellos, donde el polímero es procesado. Esta unidad es diseñada para trabajar con las mismas funciones de procesamiento de un extrusor de tornillo convencional (mono-husillo), pero es más simple, más eficiente y más versátil. El procesador de disco paquete puede bombear casi tres veces más polímero fundido con la misma descarga de presión, por lo que se consume menor energía y el mezclado es más eficiente. El equipo consiste de dos o más discos unidos a un eje dentro de un barril cerrado. Un puerto de entrada y uno de descarga son formados por una abertura en la pared del barril. Los dos puertos son separados por un canal de bloque. Las dos caras opuestas de los disco vecinos, el eje y la pared del barril forman la cámara de procesamiento y todas son de temperatura controlada.

c) *Extrusor mono-husillo:*

Los extrusores de un tornillo son los más utilizados y estudiados, por lo cual en ellos se pondrá la atención en ésta Tesis discutiéndose más adelante acerca de su descripción.

Resumiendo, para realizar el proceso de extrusión es preciso aplicar al material fundido una presión que le permita fluir a través de la boquilla; la clasificación se puede resumir de la manera siguiente, en el que sólo se mencionan algunos tipos de equipos:

- Extrusoras de desplazamiento positivo: extrusoras de pistón, bombas de extrusión (bomba de engranes)
- Extrusoras de fricción viscosas: extrusoras de rodillos, de tambor rotatorio, de tornillo (un solo tornillo, doble tornillo, tornillos múltiples)
- Otros tipos de extrusoras: extrusora elastodinámica, hidrodinámica

Tipos de Dados.

El Dado determina la forma final del extruido, por lo cual hay miles de perfiles que se pueden obtener hoy día (estos se comentan en la introducción); los manejados en ésta Tesis son las siguientes:

- dado para tubería
- dado para película
- dado para recubrimiento de cable
- dado para laminado
- dado para hilado

Para obtener una mayor información acerca de los dados y las extrusoras mono-husillo, *Ver el programa que se anexa en este trabajo.*

Extrusor Mono-Husillo.

La sección del husillo y barril de un extrusor tiene cuatro funciones principales (presurizar, calentar, mezclar y bombear). Para hacer cada función más eficiente, es practica normal dividir esta parte del extrusor en tres zonas: *alimentación, compresión y dosificación*. La zona de dosificación va seguido por el cabezal y el Dado.

Zonas en que se compone una extrusora.

La función de la ***zona de alimentación*** es coleccionar los gránulos de la tolva y transportarlos hacia adelante en el canal del husillo. Al mismo tiempo, los gránulos empiezan a calentarse y comprimirse a medida que avanzan por el canal del husillo. Para un transporte (bombeo) eficiente, los gránulos deben adherirse a la pared del barril y mostrar un alto grado de desplazamiento en la pared del canal del husillo.

La fusión debe ocurrir en la ***zona de compresión*** para consolidar el plástico. En la ***zona de dosificación***, la masa del polímero fundido alcanza la consistencia correcta y la presión requerida para la extrusión. Esta masa debe ser bombeada hacia el Dado a una velocidad y presión constantes, la consistencia también deber ser constante (estas propiedades pueden variar de un punto hasta otro en el extrusor, pero cuando son medidas en un mismo punto, no deben de cambiar con el tiempo).

En ésta zona se requiere de una presión relativamente alta para obtener un mejor mezclado del material y, por ende, las propiedades del producto es constante. Este incremento en la presión se obtiene al imponer restricciones al flujo del plástico fundido, ya sea en la zona de dosificación del husillo o en el cabezal. También se logra al aumentar la viscosidad en el producto (por ejemplo, al disminuir la temperatura en ese punto).

Principios básicos para las propiedades de flujo.

Fluidez y viscosidad son palabras que se oponen completamente, la primera se refiere a la “delgadez” o “ligereza” de un líquido, y la viscosidad esta relacionada con su “espesor” o “pesadez”. Los plásticos fundidos generalmente son considerados líquidos viscosos que tienen consistencias desde un jarabe hasta una goma de mascar, con tales propiedades de fluido pueden ser bombeados por el extrusor a través de un Dado para ser formados y enfriados. La viscosidad del fundido se incrementa con el peso molecular del polímero.

Todos los materiales plásticos muestran el mismo tipo de flujo en un Dado; esto es, de que existe un **flujo laminar** (también llamado flujo viscoso). Estos fundidos no se comportan de acuerdo a la ecuación de la ley de Newton de la viscosidad y por lo cual son clasificados como **fluidos no-newtonianos**; más esto de “NO” no indica que exista algo indeseable o mal acerca del comportamiento del fundido; esto es, la viscosidad tiene un valor no constante para que pueda ser utilizada en dicha ecuación.

El hecho de que se obtenga un flujo laminar, se puede llegar a aproximar el comportamiento en el punto de estudio como un fluido newtoniano para la realización de los cálculos de esta propiedad termofísica.

En cuanto a las demás propiedades del material (como la densidad, capacidad calorífica, puntos de fusión y de ebullición, etc.) se pueden encontrar con mayor detalle en el **tutorial del programa EXTRUSIÓN** (que se anexa a ésta Tesis).

Análisis y consideraciones básicas para el diseño

Para el extrusor.

Antes de discutir cuales son los principios y consideraciones para obtener el diseño del tornillo de un extrusor, comenzaremos a mencionar que la presurización dinámica viscosa es la que envuelve a una superficie externa moviéndose paralela a éste, provocando un flujo inducido de arrastre y de presión.

La geometría más simple para el análisis teórico de este tipo de presión, es la que consiste de dos placas paralelas en movimiento relativo. El fundido llena totalmente la abertura que hay entre las placas con una separación H . La placa superior, es la que se encuentra en movimiento en la dirección z a una velocidad constante V_0 , ésta placa arrastra la capa de fluido adyacente, que a la vez arrastra a la capa siguiente y así sucesivamente.

De ahí, que el momentum es transportado perpendicularmente al fluido en movimiento en dirección negativa a y . Después de un periodo pequeño, un perfil de velocidad permanente se desarrolla. Se asume que las placas son infinitas en la dirección x y lo suficientemente largo en z para poder despreciar los efectos de entrada y salida. Así, se puede asumir que en el eje z hay un perfil de velocidad totalmente desarrollado, y matemáticamente se puede establecer como $\partial V_z / \partial z = 0$. Un poco más allá de la salida, se puede colocar una “válvula” o un “Dado”, que

permite controlar la velocidad de flujo. Si se encuentra cerrada la válvula, la velocidad de flujo neto se reducirá a cero, y los gradientes de presión local, además la caída de presión tendrán un valor máximo. Esta condición es referida como condición de "descarga cerrada".

En el otro extremo, en el que la válvula se encuentre completamente abierta, la velocidad de flujo será máxima y la caída de presión será cero. Esto es una condición de "descarga abierta", que en este caso es también la situación de flujo de arrastre puro.

La siguiente pregunta obvia que se puede realizar es, ¿como puede este concepto ser aplicado a un uso practico? (como hallar una solución ingenieril). Después de todo, no se puede fabricar una maquina que este constituida de dos placas infinitas; para ello se utilizan los principios de presurización de arrastre viscoso.

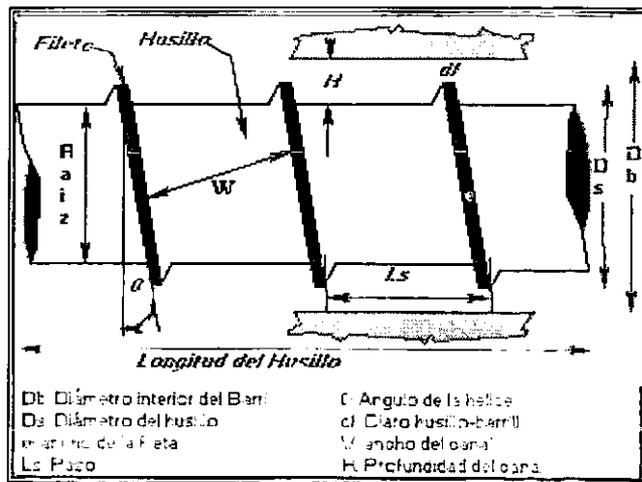
Primero, se restringe al material fundido por medio de las paredes en la placa inferior, creando un canal rectangular poco profundo (eje y) de ancho W_0 (eje x). La placa superior se desliza sobre el canal a una velocidad constante en dirección z. Lo siguiente es que el canal tiene una longitud infinita, con entrada y salida cerrada; si se provee una alimentación continua a baja presión en la entrada, la "unidad" bombeará el material fundido aumentando su presión y el material extruido llegará así hasta la salida del dado.

Para poder tener casi una placa "infinita", se podría reemplazar por un cinturón infinito "práctico" más una forma práctica para resolver el problema es tener un canal curvo en la dirección z dentro de un arco de circulo. Como el cilindro rota, en la zona superior del canal curvado actúa como la placa "infinita". La curva afecta ligeramente al perfil de velocidad y en el concepto no hay cambio. La velocidad tangencial de la superficie movable está dado por:

$$V_0 = \pi N D$$

D: diámetro interno

N: frecuencia de rotación del cilindro (en r.p.m. o r.p.s)



Esquema de las partes principales del husillo de una extrusora.

La "**ecuación de diseño**" para esta bomba (**husillo** o tornillo) es:

$$Q = \frac{V_oWA}{2} + \frac{P_1 - P_2}{L} + \frac{WH^3}{12\mu}$$

donde:

Q: flujo volumétrico neto

W: ancho del canal

P₂: presión de salida

H: profundidad del canal

P₁: presión de entrada

El *primer término de la ecuación* se refiere al *flujo de arrastre* (Q_D) que se desplaza hacia adelante y ocurre al movimiento de una superficie (husillo) en contacto con el fluido, mientras que otra superficie, también tiene contacto con el fluido (barril) que permanece fija.

El *segundo término* es el *flujo de presión* (Q_P) que circula hacia atrás y ocurre debido a una diferencia de presiones; es decir, alta presión hacia la región de salida y baja presión hacia la región de entrada (presión atmosférica).

El *último término* es el *flujo de pérdida* (Q_L) que también es un flujo hacia atrás debido a la misma diferencia de presiones, solo que es un flujo que ocurre no a través del canal del husillo sino por el espacio que existe entre los bordes de las hélices y la pared del barril. Sin embargo para efectos de calculo este es un flujo que puede omitirse.

Para el Dado.

Los Dados son usados para el procesamiento de polímeros, son canales de flujo metálico con restricciones que sirven con el propósito de imponer una forma en una sección transversal específica a la corriente del material fundido que fluye a través de estos. Son utilizados en el procesos de extrusión para obtener una **forma continua** de los productos tales como tubos, películas, fibras, láminas y "perfiles" de formas de sección transversal compleja. Se colocan en el frente del extrusor, y generalmente se habla de tres regiones funcionales y geométricas:

- a) Canal de aproximación. Las corrientes del material se introducen dentro de la abertura final del Dado.
- b) Diversificador Sirve para distribuir la corriente de entrada del polimero fundido sobre una área similar de sección transversal que define al producto final pero diferente de la salida del extrusor.
- c) Labio o área de abertura final del dado. Diseñado para ofrecer la forma transversal apropiada al producto y permitir al fundido "olvidar" que experimento un flujo no uniforme en las regiones a y b.

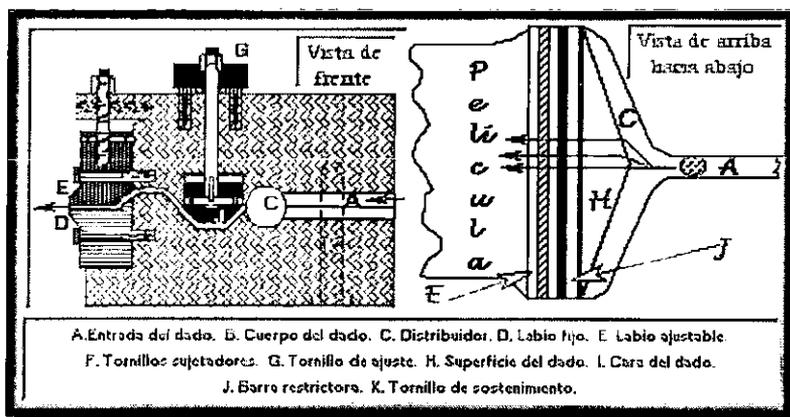
La operación de un extrusor depende tanto del husillo como del Dado, aquí se tiene que la velocidad de flujo de un fluido newtoniano es directamente proporcional a la caída de presión e inversamente a la viscosidad del fluido.

La “*ecuación de diseño*” para el Dado esta dado por:

$$Q = k (\Delta P / \eta) \quad \text{--- es para condiciones isotérmicas.}$$

k: constante de proporcionalidad que depende da la geometría del Dado.

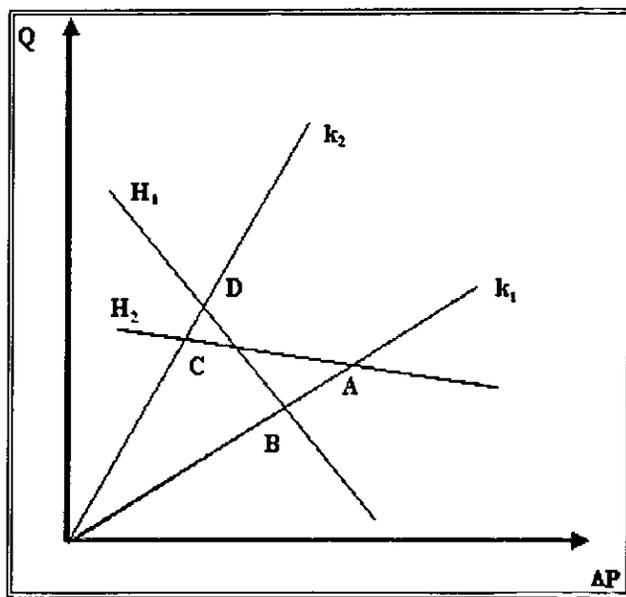
Tomando a un Dado de laminado, se pueden localizar fácilmente las zonas antes mencionadas :



Esquema de las partes principales del dado de laminado.

La presión en la entrada del Dado (al final del husillo) es alta y en la salida es baja (atmosférica); es importante mantener una presión alta en el interior de este equipo para consolidar el plástico fundido antes de que salga. Se obtiene al imponer restricciones al flujo en el interior del Dado; por ejemplo, la relación diámetro del Dado/diámetro del barril debe ser menor a 1.

Si se gráfica Q vs ΔP contenidas en las ecuaciones de diseño del husillo y del Dado, se podrá visualizar que el punto de intersección en la línea característica del primero con el Dado (puntos A, B, y D), representan el punto de operación del extrusor bajo esas condiciones determinadas.



Líneas características del husillo y del dado.

Se observa que al aumentar la profundidad del canal del husillo (desde H_1 hasta H_2), cuando se tiene un Dado con una constante grande (k_2), se produce un aumento en la velocidad de flujo (desde C hasta D). Sin embargo, el mismo aumento en la profundidad del canal (desde H_1 hasta H_2), cuando se tiene un Dado con una constante pequeña (k_1), se tiene una disminución en la velocidad de flujo (desde A hasta B).

También hay que tomar en cuenta, que para realizar el diseño de estas, hay que tener a la mano las propiedades reológicas (de flujo), termodinámicas y mecánicas. La complejidad de estas relaciones son necesarias para hacer consideraciones para describir el problema y la especificación de las condiciones límite. Las ecuaciones antes mencionadas están derivadas en el flujo de régimen permanente, laminar y flujo isotérmico, puesto además en geometrías sencillas.

DESARROLLO DEL PROGRAMA

Para el ambiente del Proceso de Extrusión.

La organización que tiene este ambiente esta basado en los siguientes puntos:

- En los problemas comunes que se presentan en la operación del equipo.
- El manejo y las propiedades termofísicas de los materiales a procesar.
- Los servicios auxiliares necesarios para el adecuado funcionamiento de la manufactura del termoplástico.
- Los rangos típicos de operación en específico para cada material.

Cada página contendrá un gráfico donde se señalarán las partes principales que lo componen, también tendrá una simulación de movimiento para dar una idea cercana al movimiento que tiene en la realidad.

Para el ambiente del Diseño.

Consideraciones y ecuaciones utilizadas.

Las consideraciones generales realizadas (tanto para el husillo como al Dado) son:

- Proceso isotérmico.
- Régimen permanente.
- Flujo laminar
- Caída de presión constante.

Hay procedimientos de cálculo en el que se llegó a necesitar un método numérico, se utilizó el Newton-Raphson para una sola variable. Al tomar un proceso isotérmico, implica que es para la zona de interés y por lo tanto las propiedades termodinámicas del material permanecen constantes ($\rho(T)$, $C_p(T)$, $\lambda(T)$).

En el caso de la viscosidad ($\mu(T,P,\gamma)$), las consideraciones tomadas ayudan mucho para aproximar al flujo como un fluido newtoniano, para simplificar los cálculos y por obviedad la complejidad del planteamiento del problema. La decisión de haber utilizado una caída de presión constante se basó en el cálculo de esta variable y en comparar con los datos técnicos tomados de la bibliografía; así, el porcentaje de desviación es bajo y se puede considerar como despreciable. Dada la complejidad del planteamiento del problema que sea menor

(evita que se resuelvan ecuaciones simultáneas y variables no lineales, lo que implica utilizar otro método numérico como el Wenstein).

Éstas aproximaciones son válidas, debido a que en el proceso cuando se tienen controlados los suministros de calor (para la temperatura), la velocidad del husillo (para el flujo laminar y la velocidad de corte, recordar que estos materiales son muy viscosos), se tiene controlado por lo consiguiente la presión que hay en el interior del equipo. Entonces se obtiene una adecuada exactitud, cabe aclarar que esto no sucede cuando es el momento del arranque y del paro de la línea. También es válido porque se estudia una zona en específico para realizar el cálculo; es decir, sólo es donde no hay cambio geométrico y los valores de las propiedades del material no son puntuales sino valores promedio (se integran las ecuaciones en función de la forma de flujo del canal). Los resultados que se llegan a obtener son valores máximos y no indican que sea las condiciones de operación del equipo. Muchos de los términos técnicos que aparecen en el presente capítulo sus definiciones se pueden encontrar en el tutorial de EXTRUSIÓN, que es el trabajo que se anexa a ésta Tesis.

Propiedades de los materiales.

Las ecuaciones que representan el comportamiento los materiales utilizados para la simulación del diseño se definen abajo; la temperatura (T) esta en °C:

Polímero	$1/\rho$ (g/cm ³)	λ (W/mK)	C_p (KJ/KgK)
PVC	$9.53271 \cdot 10^{-5}T + 0.70798$ (31.67 a 84.12 °C)	$0.182 + 1.6 \cdot 10^{-3} T$ (0 a 50 °C)	$1.83537 + 1.10891 \cdot 10^{-3} T - 0.104872T^{1/3}$ (0 a 125 °C)
	$4.6667 \cdot 10^{-4}T + 0.67675$ (84.12 a 230 °C)	$0.188 + 4 \cdot 10^{-5} T$ (50 a 75 °C)	$4.8571428 \cdot 10^{-3} T + 1.08285714$ (125 a 230 °C)
		0.191 (75 a 100 °C- $0.2433709(T^{-5.288906} \cdot 10^{-2})$ (100 a 150 °C) $0.39106 \cdot T^{-0.14718168}$ (150 a 230 °C)	
HDPE	$1.0239 \cdot 1.00058T - 19.44$ a 113.53 °C)	$0.4446 - 8.96 \cdot 10^{-4} T$ (0 a 75 °C)	$1.70985 + 1.848 \cdot 10^{-3} T + 9.35396 \cdot 10^{-5} T^2$ (0 a 100 °C)
	$0.4785 \cdot 1.00737T$ (113.53 a 126.47 °C)	$0.475462 - 1.326757 \cdot 10^{-3}T$ (75 a 112.22 °C)	$-3520.1 + 96.0341T - 0.870412T^2 + 2.62365 \cdot 10^{-3}T^3$ (100 a 126.11 °C)

Polímero	$1/\rho$ (g/cm ³)	λ (W/mK)	C_p (KJ/KgK)
HDPE	$9.2 \cdot 10^{-4} T + 1.146$ (126.47 a 280 °C)	$4.40857 \cdot 10^{-2} +$ $31.336455/T$ (112.22 a 150 °C)	10 (126.11 a 132.73 °C)
		$- 3 \cdot 10^{-5} T + 0.2615$ (150 a 280 °C)	$228.96123 -$ $1.649711T$ (132.73 a 136.36 46.97584 - 0.3152T (136.36 a 139.55 °C) $16.23477 - 9.4842 \cdot 10^{-2}$ T (139.55 a 143.64 °C) $1.618877 + 6.91416 \cdot 10^{-3}$ T (143.64 a 280 °C)
PMMA	$1.4453 \cdot 10^{-4} T +$ 0.84155 (23.89 a 100 °C) $5.2829 \cdot 10^{-4} T + 0.8032$ (100 a 270 °C)	$0.17943 - 2.86547 \cdot 10^{-6}$ T (0 a 270 °C)	$1.282 + 3.7733 \cdot 10^{-3} T$ (0 a 75 °C)
			$0.86266 * 1.007776^T$ (75 a 112.73 °C) $5.16793 - 4.99952 \cdot 10^{-3}$ $T + 2.00855 \cdot 10^{-4} T^2$ (112.73 a 140 °C) $6.5153846 \cdot 10^{-3} T +$ 1.21684615 (140 a 270 °C)
PP	$1.079 * 1.0006^T$ (41.67 a 125 °C) $0.806 * 1.0029^T$ (125 a 167.88 °C) $1.2006 + 7.13 \cdot 10^{-4} T$ (167.88 a 270 °C)	$0.24496 - 2.22893 \cdot 10^{-4} T$ (50 a 125 °C)	$1.551855 * 1.00433^T$ (15.46 a 139.09 °C)
		$0.284118 - 5.38657 \cdot 10^{-4}$ T (125 a 150 °C)	$0.25636 * 1.017794^T$ (139.09 a 154.29 °C)
		$0.500292 - 1.974204 \cdot 10^{-3} T$ (150 a 162.22 °C)	$0.629987T - 93.19824$ (154.29 a 163.81 °C)
		$0.880373 - 4.32705 \cdot 10^{-3} T$ (162.22 a 170 °C)	10 (163.81 a 168.10 °C)
		$0.105746 + 2.25023 \cdot 10^{-4} T$ (170 a 174.44 °C)	$1630.2098 - 9.638655T$ (168.10 a 168.57 °C)
	$5.6262638 \cdot 10^{-2} +$ $5.0868680 \cdot 10^{-4} T$ (174.44 a 270 °C)	$2369047.357 * 0.925744^T$ (168.57 a 177.14 °C)	
		$2.0824425 + 3.9152 \cdot 10^{-3} T$ (177.14 a 270 °C)	

Polímero	$1/\rho$ (g/cm ³)	λ (W/mK)	C_p (KJ/KgK)
LDPE	$1.4577 * 1.00158^T$ (33.33 a 105.88 °C)	$0.3705 - .02 10^{-3} T$ (0 a 75 °C)	$1.81827-0.108639T +$ $1.88971 10^{-3} T^2 -$ $8.65072 10^{-4} T^3 +$ $1.713439 10^{-5} T^4 -$ $1.5411 10^{-7} T^5 +$ $5.18654 10^{-10} T^6$ (0 a 107.27 °C)
	$0.00078T + 1.171$ (105.88 a 280 °C)	$0.415378 -1.64392 10^{-3} T$ (75 a 102.22 °C)	10 (107.27 a 110 °C)
		$0.18736 +$ $6.1099546/T$ (102.22 a 125 °C)	$827.1947 - 7.42904T$ (110 a 110.91 °C)
		$7.4482 10^{-5} T + .22669$ 7.4483 (125 a 280 °C)	$53.0097 - 0.44868T$ (110.91 a 112.27 °C)
PS	$2.4 10^{-4} T + 0.945$ (25 a 100 °C)	$0.1589 + 4.9 10^{-5} T$ (26.94 a 100 °C)	$149.27 + 1.21868T -$ $26.7547T^{1/2}$ (112.27 a 125 °C)
	$6.7142 10^{-4} T +$ 0.90829 (100 a 270 °C)	$0.15431 * 1.0005738^T$ (100 a 200 °C)	$1.92267 + 4.38667 10^{-3} T$ (125 a 280 °C)
		$0.150204 *$ 1.000734^T (200 a 270 °C)	$1.165 0.0334184T +$ $0.555338T^{1/3} + 2.63406$ $10^{-45} * e^T$ (0 a 100 °C)
			$20.2649 + 0.130972T$ $- 3.13576T^{1/2}$ (100 a 203.636 °C)
		$1.56487384 + 3.06 10^{-3} T$ (203.636 a 270 °C)	

Cálculo de la viscosidad.

En el caso del cálculo de la viscosidad, se puede describir como una función de los parámetros del proceso específico (velocidad de corte γ , temperatura T y la presión P), se tienen las siguientes relaciones:

$$\mu(\gamma, T, P) = \mu_0(T, P) (1 + A_1(\gamma\mu_0(T, P))^\alpha + A_2(\gamma\mu_0(T, P))^{2\alpha})^{-1}$$

$$\mu_0(T, P) = \mu_0(T') 10^{((8.86(T' - Ts(P)))/(101.6 + (T' - Ts(P))) - 8.86(T - Ts(P))/(101.6 + (T - Ts(P))))}$$

$$T_s = T_g + 0.02 P \text{ [bar]} + 50 \text{ }^\circ\text{C}$$

$$\mu = \text{[Pa s]} \quad \gamma = \text{[s}^{-1}\text{]}$$

(todas las temperaturas en $^\circ\text{C}$)

donde:

$$A_1 = 1.386 \times 10^{-2}$$

$$A_2 = 1.462 \times 10^{-3}$$

$$\alpha = 0.355$$

Estas relaciones fueron desarrolladas por Williams, Landel y Ferry (también referida como la ecuación WLF).

Los datos que requiere el cálculo de la viscosidad se obtienen de la siguiente tabla, es importante señalar que estos valores son los máximos con los que se permite procesar al material:

Polímero	P (Psia)	μ_0 (Pa s)	T_g ($^\circ\text{C}$)	T_{ref} ($^\circ\text{C}$)
PVC	11 500	1.7658×10^5	80	210.00
PP	15 000	1.6900×10^5	-10	215.00
PS	11 500	0.3700×10^6	70	203.33
PMMA	11 500	3.7530×10^6	90	220.00
LDPE	20 000	4.2700×10^5	-40	156.67
HDPE	13 000	2.9800×10^5	-120	187.50

Así, se tiene que hay una relación de datos para iniciar los cálculos dependiendo de lo que se especifique:

Diámetro (in)	Flujo másico (kg/h)
1	<111
1 ¼	<111
1 ½	70 - 200
1 ¾	70 - 200
2	115 - 303
2 ½	200 - 480
3	288 - 731
3 ½	403 - 988
4 ½	640 - 1 677
6	1 080 - 3 306
8	1 746 - 5 500
10	3 350 - 9 000
12	5 150 - 14 000

Secuencia de cálculo para el Husillo.

Como ya se mencionó, la ecuación de diseño para el husillo ($Q = \frac{VoWA}{2} + \frac{P_1 - P_2}{L} + \frac{WH^3}{12\mu}$) se utiliza para determinar el flujo el cual opera de acuerdo a la geometría, la caída de presión y la velocidad con que rota este. Las ecuaciones utilizadas y el procedimiento para realizar el cálculo, es el siguiente:

- I. Cálculo de las propiedades termofísicas (μ_o , λ , C_p y ρ) del material seleccionado.
- II. Selección del diámetro (ϕ) de acuerdo al flujo másico (Q) introducido (en caso de diseño de husillo por Producción Especifica) o selección del flujo másico de acuerdo al diámetro (en el caso del diseño de husillo por un Diámetro dado). Para la obtención del ángulo de la fileta (θ) se:

L/D	Ángulo de la fileta (°)	# vueltas
15	13.81	20
20	17.70	L/L _s
24	17.70	L/L _s
30	20.24	26
36	23.87	26

Variables importantes para el diseño.

Variable	Expresión
Profundidad del canal (H)	$H = \frac{36\phi}{20L/D}$
Longitud del husillo (L)	$L = \phi L/D$
Cálculo de la viscosidad (μ)	
Ancho de la fileta (e)	$e = 0.1 \phi$
Claro (Cl)	$Cl = 2 \phi \times 10^{-3}$
Diámetro del husillo	$\phi_s = 2.2 Cl$
Paso L _s y	<u>L/D = 15, 30, 36</u>
Ancho del canal (W)	$L_s = L/\# \text{ vueltas}; W = L_s \cos \theta - 0.1 \phi$ <u>L/D = 20, 24</u>
Velocidad del husillo (N)	$W = (\phi - 2 \phi \times 10^{-3}) \cos \theta - 0.1 \phi; L_s = W + e$ $N = \frac{\text{sen } \theta \phi^{1.683}}{\pi \phi W H P}$
Velocidad de corte (γ)	$\gamma = \frac{\pi \phi N \cos \theta}{H}$; se procede a calcular μ

Variable	Expresión
Potencia Requerida (ϕ)	$V = Q/\rho$ --F. volumétrico; $v = \pi N\phi$ $H_{opt} = \frac{3V}{Wv}$; $\phi = \frac{4(\pi N\phi)^2 WL\mu}{\text{send } \theta H_{opt}}$
Flujos de arrastre (Q_D) y flujo de presión (Q_P)	$Q_D = v \cos \theta W \rho H_{opt}/2$ $(Q_D - V) \rho$
Relación de compresión	$R_C = \frac{H_{opt}(\phi - H_{opt})}{H_{final}(\phi - H_{final})}$

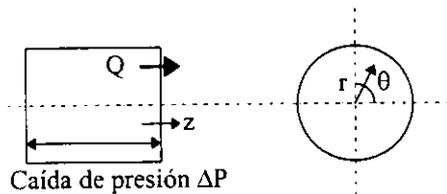
Secuencia de cálculo para el Dado.

La ecuación de diseño para el Dado ($Q = \frac{k \Delta P}{\mu}$) como se mencionó, se utiliza para determinar el paso de flujo a través de una geometría dada, también esta en función de la caída de presión y la viscosidad del material.

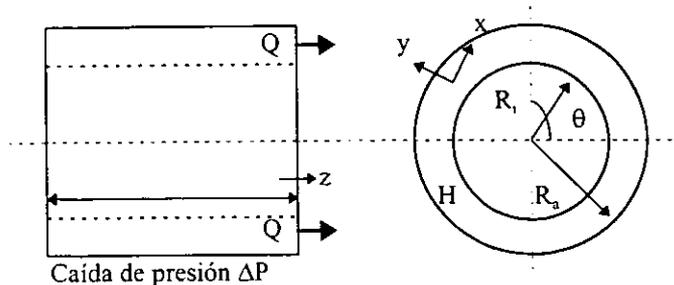
Como es obvio, el suministro de datos es importante, pero existe una introducción general para todos los Dados que son: Polímero a extruir y diámetro de entrada (ϕ); el primero proporciona las propiedades termofísicas necesarias para la secuencia del cálculo y el último sirve como un punto de inicio a las dimensiones del equipo y la selección del flujo másico (Q) en función de esta variable. Los otros datos que se lleguen a requerir se mencionarán en la sección correspondiente. Antes de iniciar la secuencia de cálculo de cada Dado, hay ecuaciones generales necesarias en función de la geometría del canal del paso del flujo.

Definiciones geométricas para el paso del flujo.

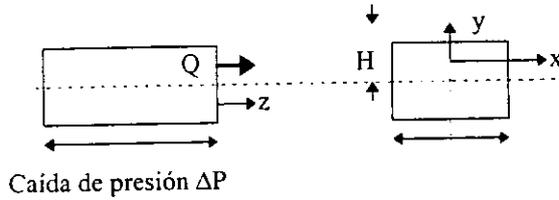
Circulo (tubo)



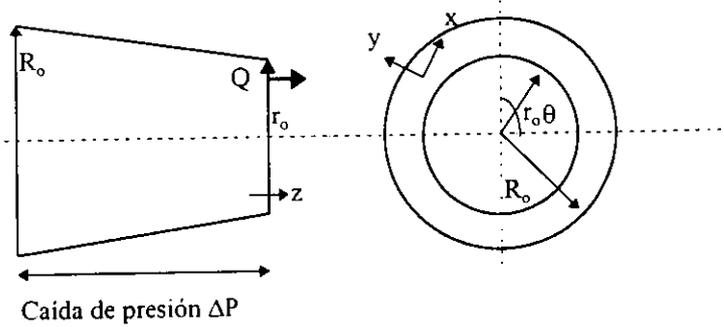
Rejilla circular



Rejilla rectangular



Cono



Velocidad de corte .

Geometría

Expresión

Circulo (tubo)

$$\gamma = \frac{4Q}{\rho\pi r^3}$$

Rejilla circular

$$\gamma = \frac{6Q}{\rho\pi(R_a+R_i)(R_a-R_i)^2}$$

Rejilla rectangular

$$\gamma = \frac{6Q}{\rho BH^3}$$

Cono

$$\gamma = \frac{4Q}{\rho\pi r^3} \left(\frac{1-(r_o/R_o)^3}{3(R_o/r_o-1)} \right)^{3/4}$$

Velocidad promedio

Geometría

Expresión

Circulo (tubo)

$$v_z = \frac{\Delta P r^2}{8\mu L}$$

Rejilla circular

$$k = R_i/R_a; v_z = \frac{\Delta P r^2}{8\mu L} \left(\frac{1-k^4}{1-k^2} - \frac{1-k^2}{\ln 1/k} \right)$$

Rejilla rectangular

$$v_z = \frac{\Delta P H^2}{12\mu L} \left(1 - \left(\frac{2y}{H} \right)^2 \right)$$

Cono

$$v_z = \frac{\Delta P \pi r^2}{8\mu L} \frac{3(R_o/r_o - 1)}{1 - (r_o/R_o)^3}$$

Caída de presión**Geometría****Expresión**

Circulo (tubo)

$$\Delta P = \frac{8\mu QL}{\rho \pi r^4}$$

Rejilla circular

$$\Delta P = \frac{12\mu QL}{\pi \phi H^3}$$

Rejilla rectangular

$$\Delta P = \frac{12\mu LQ}{BH^3}$$

Cono

$$\Delta P = \frac{8Q\mu L}{\pi r^4} \frac{1 - (R_o/r_o)^3}{3(r_o/R_o - 1)}$$

Cálculo de la temperatura.

Cada vez que se hace el cálculo de la temperatura, se deben evaluar ρ , λ , C_p y μ_o del material utilizado:

$$a = \frac{L\mu}{\rho C_p v_1}; \quad b = \frac{\lambda L}{\rho C_p v_1 (\phi/2)^2}; \quad T_i = T_{i-1} - 100 b T_{i-1} - \frac{20^a}{(v_1/(\phi/2))} - \frac{T_{i-1}}{585}$$

Cálculo de la longitud.

$$L = \left(\frac{110\phi}{(4/\pi)^{1/3}} \frac{(QC_p)^{1/3}}{\lambda^{1/3}} \right)^{3/2}$$

También existen dos secciones que son generales para el diseño del perfil de un Dado:

Cálculo del adaptador.

I. Velocidad de corte para circulo con $r = \phi/2$, como punto de inicio.

A. $P_{\text{inic}} = P_{\text{dise}} = P$ y $T_{\text{ref}} = T_{\text{op}} = T_{\text{inic}} = T$

B. Calcular μ

II. Velocidad Promedio inicial.

A. número de Reynolds $Re = \frac{Q}{\mu \pi \phi}$ $v_z = \frac{Re \mu}{\rho \phi}$

III. Diámetro del Dado (ϕ_{dado}) y longitud del Adaptador (L_{adap}).

A. $\phi_{\text{dado}} = 0.45\phi$ $\phi_{\text{prom}} = \frac{\phi + \phi_{\text{dado}}}{2}$

B. cálculo de la longitud con $\phi = \phi_{\text{prom}}$

IV. Ángulo del adaptador (\angle_{adap}).

A. $\angle_{\text{adap}} = \text{tg}^{-1} \frac{\phi/2 - \phi_{\text{dado}}/2}{L_{\text{adap}}}$

V. Velocidad de corte para cono con $r = \phi/2$, $r_o = \phi_{\text{dado}}/2$, $R_o = \phi/2$.

A. calcular μ

VI. Caída de presión (ΔP) para cono con $r = \phi/2$, $L = L_{\text{adap}}$, $r_o = \phi_{\text{dado}}/2$ y $R_o = \phi/2$.

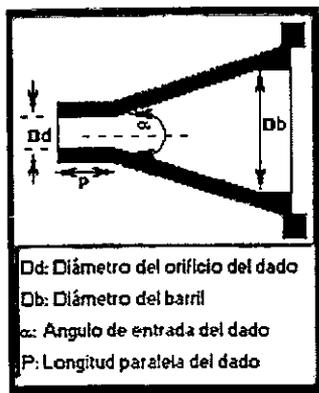
A. $P_{\text{adap}} = P_{\text{inic}} - \Delta P$

VII. Velocidad promedio (v_{adap}) para cono con $r = \phi/2$, $L = L_{\text{adap}}$, $r_o = \phi_{\text{dado}}/2$ y $R_o = \phi/2$.

A. calcular la temperatura (T_{adap}) con $L = L_{\text{adap}}$, $\phi = \phi_{\text{prom}}$, $T_{i-1} = T_{\text{ref}}$,

$$v_1 = \frac{v_z + v_{\text{adap}}}{2}$$

En el esquema que a continuación se muestra, se puede observar las zonas que participan para el diseño del adaptador del Dado:



Zonas participes para el diseño del adaptador del Dado.

Cálculo de la entrada del canal.

- I. Longitud del canal (L_{canal}) con $\phi = \phi_{\text{dado}}$
- II. Velocidad de corte para circulo con $r = \phi_{\text{dado}}/2$
 - A. Calcular μ
- III. Caída de presión (ΔP) para circulo con $r = \phi_{\text{dado}}/2$
 - A. $P_{\text{canal}} = P_{\text{adap}} - \Delta P$
- IV. Velocidad promedio (v_{canal}) para circulo con $r = \phi_{\text{dado}}/2$ y $L = L_{\text{canal}}$.
 - A. calcular temperatura (T_{canal}) con $L = L_{\text{canal}}$, $\phi = \phi_{\text{dado}}$, $T_{i-1} = T_{\text{adap}}$ y

$$v_1 = \frac{v_{\text{canal}} + v_{\text{adap}}}{2}$$

Secuencia de cálculo para el Dado tubular.

La información adicional es el diámetro interior del tubo a obtener (ϕ_{tubo}). La presión de diseño (P_{dis}) es de 4300 Psia. Para estos es necesario la siguiente tabla:

Material	Diámetro del soporte del mandril (ϕ_{soporte})
PVC, PMMA	$1.6 \phi_{\text{tubo}}$
LDPE, HDPE	$1.65 \phi_{\text{tubo}}$
PS, PP	$1.3 \phi_{\text{tubo}}$

Los siguientes datos sirven para calcular el número de las patas de araña que deben estar dentro del soporte del mandril, esto esta en función del diámetro de entrada al adaptador (ϕ):

Diámetro de entrada al adaptador (ϕ , in)	número de patas de araña
1 a 2	2
2 ½ a 3 ½	3
4 ½	4
6 a 8	6
10 a 12	8

Variables importantes para el diseño.

Variable	Expresión
----------	-----------

Espesor del tubo (esp, mm)	$esp = \frac{\phi_{\text{tubo}}}{26.667}$
Longitud paralela al tubo (L_1)	$L_1 = 30 \text{ esp}$
Longitud de la punta del mandril (L_2)	$L_2 = L_1$
Ángulo de la punta (\angle , °)	$\angle = \text{tg} (\phi_{\text{soporte}}/L_2)$
Espacio entre el cpo. del Dado y el diámetro del soporte (H_{soporte} , mm)	$H_{\text{soporte}} = 1.7273 \phi [\text{in}] + 28.2727$

Cálculo para la punta de soporte del mandril

Velocidad de corte para rejilla circular (γ)	$H_{\text{prom}} = \frac{H_{\text{soporte}} + \phi_{\text{dado}}/2}{2}$ Con $R_i = \phi_{\text{soporte}}/2$,
	$R_a = R_i + H_{\text{prom}}$. Calcular μ
Caída de presión para rejilla circular (ΔP)	con $\phi = \phi_{\text{soporte}} + H_{\text{prom}}/2$, $L = L_2$, $H = H_{\text{prom}}$; $P_{\text{punta}} = P_{\text{canal}} - \Delta P$
Velocidad promedio para rejilla circular (v_{punta})	con $r = (R_i + H_{\text{prom}})/2$, $L = L_2$ calcular temperatura (T_{punta}) con $\phi = H_{\text{prom}}$, $T_{i-1} = T_{\text{canal}}$ y $v_1 = \frac{v_{\text{canal}} + v_{\text{punta}}}{2}$

Cálculo para el soporte del mandril.

Longitud del soporte (L_{soporte} , mm)	$L_{\text{soporte}} = 8421 L_2$
Velocidad de corte para rejilla circular (γ)	Con $lr = \phi_{\text{soporte}}/2$, $R_a = R_i + H_{\text{soporte}}$. Calcular μ
Caída de presión para rejilla circular (ΔP)	con $\phi = \phi_{\text{soporte}} + H_{\text{prom}}/2$, $L = L_{\text{soporte}}$, $H = H_{\text{soporte}}$; $P_{\text{soporte}} = P_{\text{punta}} - \Delta P$

Cálculo para el soporte del mandril.

Velocidad promedio para rejilla circular (v_{soporte})	Con $r = (R_i + H_{\text{soporte}})/2$, $L = L_{\text{soporte}}$ calcular temperatura (T_{soporte}) con $\phi = H_{\text{soporte}}$, $T_{i-1} = T_{\text{punta}}$ y $v_1 = \frac{v_{\text{soporte}} + v_{\text{punta}}}{2}$
---	--

Cálculo de las patas de araña.

Longitud total de las patas (L_{patas} , mm)	$L_{\text{patas}} = 4.5455 \phi [\text{in}] + 25.4545$
Ancho de las patas (A_{patas} , mm)	$A_{\text{patas}} = 0.2727 \phi [\text{in}] + 8.7273$
Ángulo de corte de flujo	8°

Cálculo para la union del anillo del Dado.

Ángulo de union	15 °
Longitud de la union (L_{union})	$L_{union} = \frac{\phi_{soporte} + \phi_{tubo}}{tg\ 15}$
	$H_{prom} = \frac{H_{soporte} + Esp}{2}$
Velocidad de corte para rejilla circular (γ)	Con $R_i = \phi_{soporte}/2$, $R_a = R_i + H_{prom}$. Calcular μ
Caída de presión para rejilla circular (ΔP)	con $\phi = \phi_{soporte}/2 + H_{prom}/2$, $L = L_{union}$, $H = H_{prom}$; $P_{union} = P_{punta} - \Delta P$

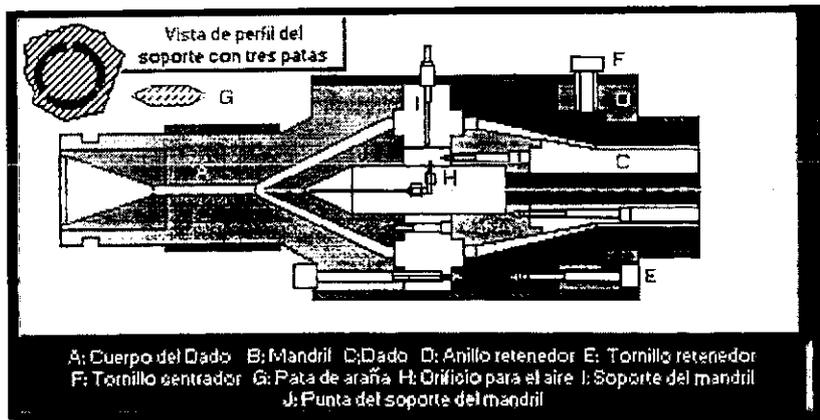
Cálculo para la union del anillo del Dado. (cont.)

Velocidad promedio para rejilla circular (v_{union})	con $r = (R_i + H_{prom})/2$, $L = L_{union}$ calcular temperatura (T_{union}) con $\phi = H_{prom}$, $T_{i-1} = T_{soporte}$ y $v_1 = \frac{v_{union} + v_{punta}}{2}$
--	--

Cálculo para el anillo del Dado.

Velocidad de corte para rejilla circular (γ)	$H_{prom} = Esp$, con $R_i = \phi_{tubo}$, $R_a = R_i + H_{prom}$; Calcular μ
Caída de presión (ΔP)	$\Delta P = P_{union} - P_{atm}$; $P_{final} = P_{punta} - \Delta P$
Velocidad promedio para rejilla circular (v_{dado})	con $r = (R_i + H_{prom})/2$, $L = L_{union}/2$ calcular temperatura (T_{dado}) con $\phi = Esp$, $T_{i-1} = T_{union}$ y $v_1 = \frac{v_{union} + v_{dado}}{2}$

En el esquema que a continuación se muestra, se puede observar las zonas que participan para el diseño del Dado tubular:



Zonas participes para el diseño del Dado tubular.

Secuencia de cálculo para el Dado de hilado.

La información adicional es el diámetro del hilo a obtener (ϕ_{hilo}). La presión de diseño (P_{dis}) es de 4400 Psia. En este caso hay una modificación en la secuencia del cálculo entre el adaptador y el canal de entrada al Dado, esta es:

- I. Cuando el diámetro de entrada (ϕ) es de 10 o 12 " se calcula el adaptador y el diámetro del Dado (ϕ_{dado}) debe ser de 8 " para iniciar el cálculo del canal de entrada.
- II. Si el diámetro es menor a 10 ", solo se calcula el adaptador y el diámetro del Dado (ϕ_{dado}) debe ser de 8 ", para homogeneizar el arreglo de las variables se realiza el siguiente cambio: $L_{canal} = L_{adap}$, $T_{canal} = T_{adap}$, $P_{canal} = P_{adap}$ y $V_{canal} = V_{adap}$.

Variables importantes para el diseño.

Variable	Expresión
----------	-----------

Cálculo para el espacio para el Dado.

Longitud del Dado (L_{dado})	con ϕ_{dado}
Velocidad de corte para circulo	con $r = \phi_{dado}/2$; calcular μ
Caída de presión (ΔP) para circulo	con $r = \phi_{dado}/2$; $P_{dado} = P_{canal} - \Delta P$
Velocidad promedio (v_{dado}) para circulo	$r = \phi_{dado}/2$, $L = L_{dado}$; calcular temperatura (T_{dado}) con $\phi = \phi_{dado}$, $T_{i-1} = T_{canal}$, $v_1 = \frac{v_{canal} + v_{dado}}{2}$

Cálculo para la placa de orificios

Espesor de la placa del Dado (Esp)	$Esp = \phi/4$
Distancia entre orificios (dist, mm)	5.5

Cálculo del número de orificios en el Dado.

$G = dist + \phi_{hilo}$; se realiza desde 1 hasta $\frac{\phi/2}{\phi_{hilo}}$.
$X = ((\phi/2)^2 - G^2)^{1/2}$; numOrif x línea = $\frac{2X}{G}$
número de orificios totales = 2 numOrif x línea

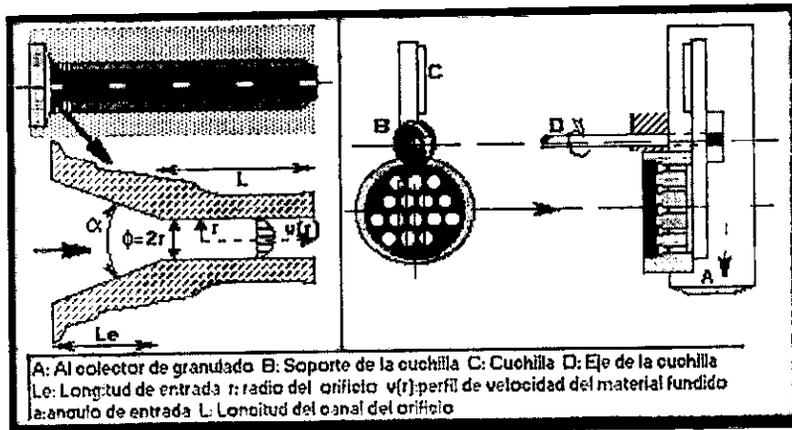
Secuencia del cálculo para la placa (cont.)

Longitud del canal del orificio ($L_{orificio}$, mm)	$L_{orificio} = 4 \phi_{hilo}$
Longitud de entrada en el canal (L_{ent})	$L_{ent} = Esp - L_{orificio}$
Diámetro de entrada (ϕ_{ent} , mm)	3
Ángulo de entrada (\angle_{ent})	$\angle_{ent} = tg^{-1} - \frac{\phi_{ent}/2 - \phi_{hilo}/2}{L_{ent}}$

Flujo para cada orificio.

Velocidad de corte para cono (γ)	con $r = \phi_{ent}$, $Q = Q/numOrif$, $r_o = \phi_{hilo}$, $R_o = \phi_{ent}$. Calcular μ
Caída de presión para cono (ΔP)	con $r = \phi_{ent}$, $r_o = \phi_{hilo}$, $R_o = \phi_{ent}$; $P_{ent} = P_{dado} - \Delta P$
Velocidad promedio para cono (v_{ent})	con $Q = Q/numOrif$, $L = L_{ent}$ calcular temperatura (T_{ent}) con $\phi = \phi_{dado}$, $T_{i-1} = T_{dado}$ y $v_1 = \frac{v_{ent} + v_{dado}}{2}$
La temperatura de salida es $T_{salida} = T_{ent}$ La presión $P_{sali} = P_{ent} - P_{atm}$	

En el esquema que a continuación se muestra, se puede observar las zonas que participan para el diseño del Dado de hilado:

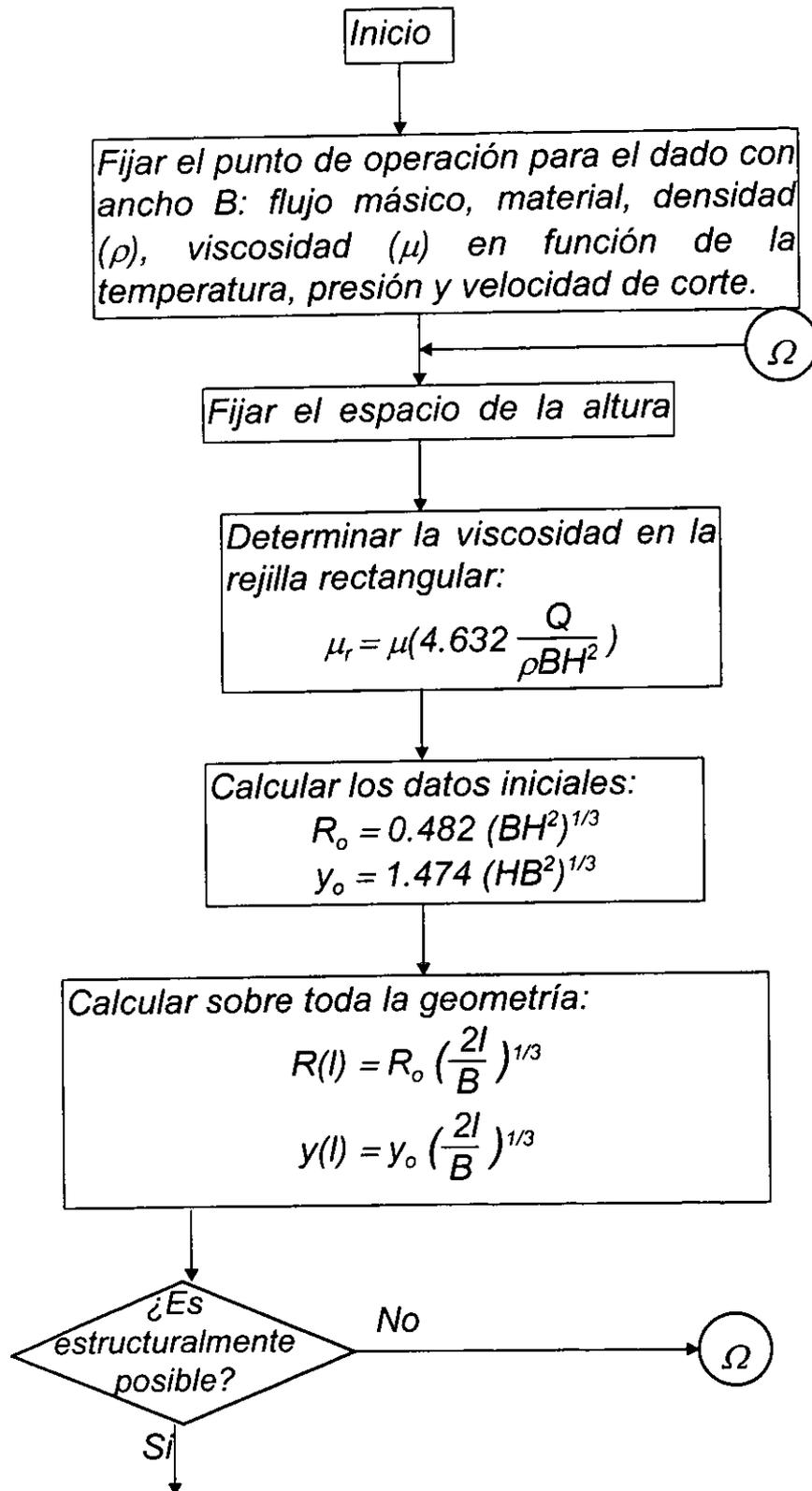


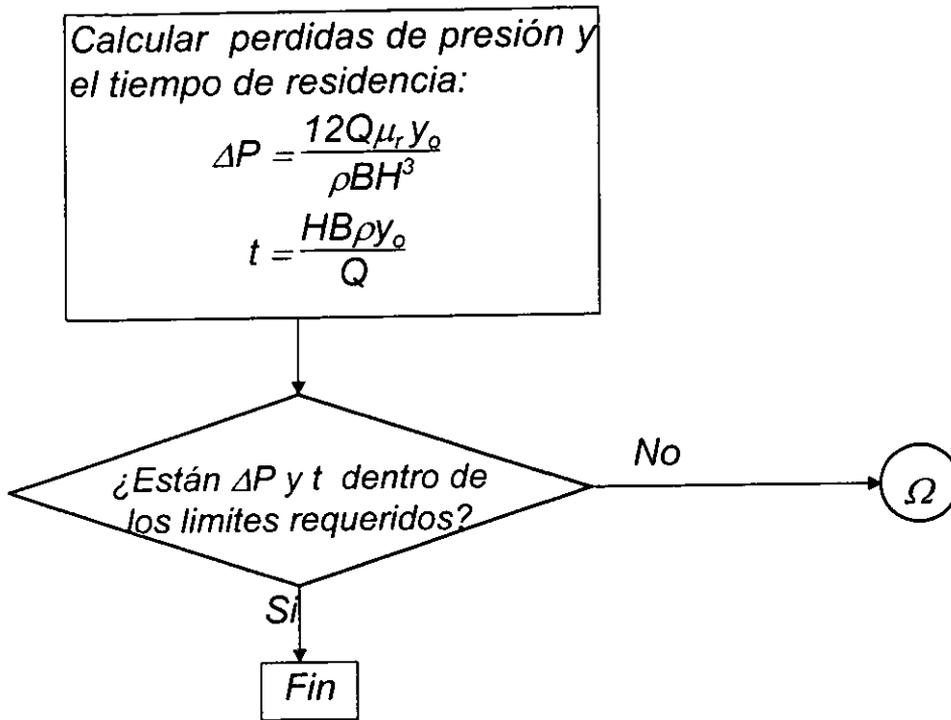
Zonas participes para el diseño del dado de hilado.

Secuencia de cálculo para el Dado de película.

La información adicional es el ancho de (B) y el espesor (Esp) de la película. La presión de diseño (P_{dis}) es de 5690 Psia.

La estrategia de computo para calcular el diversificador se muestra con el siguiente diagrama de flujo (es el método de datos representativos):





H = Esp como un punto de partida para iniciar el cálculo.

$l = B/2$; $H_{diver} = y$; $R_{diver} = R$

La caída de presión (ΔP) permitida es de 100 bar y la temperatura de salida del diversificador es $T_{diver} = T_{canal}$ (recordar que es una consideración de proceso isotérmico).

Variables importantes para el diseño.

Variable	Expresión
----------	-----------

Cálculo para la barra restringidora.

Longitud de la barra (L_{barra})	$L_{barra} = R_o$
Longitud adicional (L_{adic})	$L_{adic} = R_o$
Velocidad de corte para rejilla rectangular (γ)	con $H = H_{diver}$, calcular μ
Caída de presión (ΔP) para rejilla rectangular	con $L = 2R_o$, $H = H_{diver}$ $P_{barra} = P_{diver} - \Delta P$
Velocidad promedio (v_{barra}) para rejilla rectangular	con $y = H_{diver}/2$, $H = H_{diver}$, $L = R_o$ calcular temperatura (T_{barra}) con $\phi = B$, $T_{i-1} = T_{diver}$, $v_1 = \frac{v_{diver} + v_{barra}}{2}$

Cálculo para los labios del Dado

Longitud de los labios (L_{labio})	$area = Esp \times B$; $R_{eq} = \frac{area}{\pi}^{1/2}$, con $\phi = 2R_{eq}$
Caída de presión (ΔP)	$\Delta P = P_{barra} - P_{atm}$; $P_{labio} = P_{barra} - \Delta P$

Velocidad de corte para rejilla rectangular (γ)

con $H = \text{Esp}$. Calcular μ

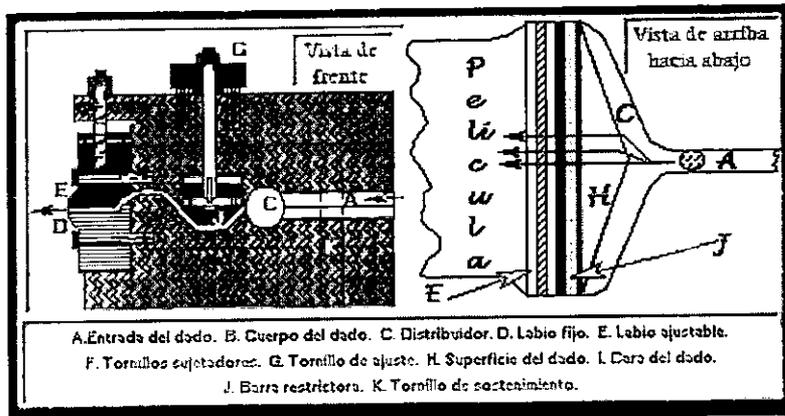
Velocidad promedio para rejilla rectangular (v_{labio})

con $y = \text{Esp}/2$, $L = L_{\text{labio}}$, calcular temperatura (T_{labio}) con

$$\phi = B, v_1 = \frac{v_{\text{labio}} + v_{\text{barra}}}{2}$$

El procedimiento para diseñar el Dado de laminado es el mismo, solo cambia la especificación del espesor y el ancho de esta.

En el esquema que a continuación se muestra, se puede observar las zonas que participan para el diseño del Dado de película:

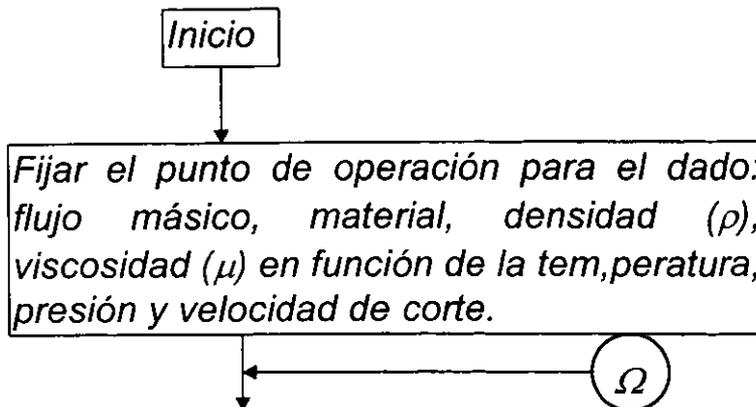


Zonas participes para el diseño del Dado de película o de lamina.

Secuencia de cálculo para el Dado de recubrimiento de cable.

La información adicional es el diámetro del cable a recubrir (ϕ_{cable}). La presión de diseño (P_{dis}) es de 7800 Psia.

La estrategia de computo para calcular el diversificador se muestra con el siguiente diagrama de flujo (es el procedimiento para el diseño de un sistema de distribución para un mandril cilíndrico):



Fijar el espacio de la altura H y

Determinar la viscosidad en la rejilla rectangular:

$$\mu_r = \mu \left(4.632 \frac{Q}{2\pi\rho r H^2} \right)$$

Calcular los datos iniciales:

$$R_o = 0.889 (rH^2)^{1/3}$$

$$y_o = 5.016 (Hr^2)^{1/3}$$

Calcular la geometría total: $\xi = 0$ hasta $\xi = \pi$

$$R(\xi) = R_o \left(\frac{\xi}{\pi} \right)^{1/3}$$

$$y(\xi) = y_o \left(\frac{\xi}{\pi} \right)^{2/3}$$

¿Es estructuralmente posible?

No



Si

Calcular pérdidas de presión y el tiempo de residencia:

$$\Delta P = \frac{12Q\mu_r y_o}{\rho\pi r H^3}$$

$$t = \frac{Hr\pi\rho y_o}{Q}$$

¿Están ΔP y t dentro de los límites requeridos?

No



Si

Fin

H = Espacio de flujo como un punto de partida para iniciar el cálculo.

$$H_{\text{diver}} = y; \quad R_{\text{diver}} = R$$

La caída de presión (ΔP) permitida es de 100 bar y la temperatura de salida del diversificador es $T_{\text{diver}} = T_{\text{canal}}$ (recordar que es una consideración de proceso isotérmico).

Variables importantes para el diseño.

Variable	Expresión
----------	-----------

Cálculo para el mandril.

Longitud del mandril (L_{mandril})	$L_{\text{mandril}} = y_0/5$
Velocidad de corte para rejilla circular (γ)	con $R_a = H/2 + r, R_i = r - H/2$, calcular μ
Caída de presión (ΔP) para rejilla circular	con $L = L_{\text{mandril}}, H = H_{\text{diver}}, \phi = R_i + H/2; P_{\text{mandril}} = P_{\text{diver}} - \Delta P$
Velocidad promedio (v_{mandril}) para rejilla circular	con $r = R_i, L = L_{\text{mandril}}$ calcular temperatura (T_{mandril}) con $\phi = H, T_{i-1} = T_{\text{diver}}, v_1 = \frac{v_{\text{diver}} + v_{\text{mandril}}}{2}$

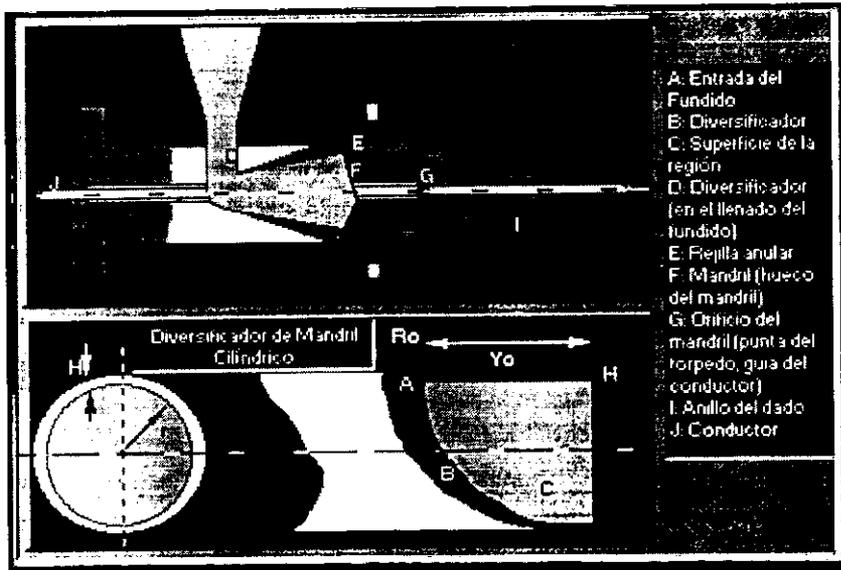
Cálculo para la punta del torpedo.

Abertura de la rejilla (A_{rej})	$A_{\text{rej}} = H$
Radio del mandril (R_{mandril})	$R_{\text{mandril}} = r - H/2$
Claro existente entre el cable y la punta del torpedo (Cl, mm)	Cl = 0.05
Espesor de recubrimiento para el cable (E_{rec})	$E_{\text{rec}} = \phi_{\text{cable}} / 10 + \text{Cl}$
Relación de cálculo	$k = \frac{\phi_{\text{cable}}}{\phi_{\text{cable}} + E_{\text{rec}}} \quad f_p = \frac{1 - k^4}{1 - k^2} - \frac{1 - k^2}{\ln 1/k}$
Longitud paralela al cable (L_{para})	con $\phi = \frac{E_{\text{rec}}}{f_p} + \phi_{\text{cable}} + E_{\text{rec}}; L_{\text{punta}} = L_{\text{para}}$
Velocidad de corte para rejilla circular (γ)	$H_{\text{prom}} = \frac{H + E_{\text{rec}}}{2};$ con $R_i = r - H_{\text{prom}}/2, R_a = H_{\text{prom}}/2 + R_i$, calcular μ
Caída de presión (ΔP) para rejilla circular	con $L = L_{\text{punta}}, H = H_{\text{prom}}, \phi = R_i + H_{\text{prom}}/2; P_{\text{mandril}} = P_{\text{diver}} - \Delta P$
Velocidad promedio (v_{punta}) para rejilla circular	con $r = R_i + H_{\text{prom}}, L = L_{\text{mandril}}$ calcular temperatura (T_{punta}) con $\phi = H_{\text{prom}}, T_{i-1} = T_{\text{mandril}}, v_1 = \frac{v_{\text{punta}} + v_{\text{mandril}}}{2}$

Cálculo para el anillo del Dado.

Velocidad de corte para rejilla circular (γ)	$H = E_{rec}$, con $R_i = \phi_{cable}$, $R_a = H + R_i$, calcular μ
Caída de presión (ΔP)	$\Delta P = P_{punta} - P_{atm}$, $P_{anillo} = P_{punta} - \Delta P$
Velocidad promedio (v_{anillo}) para rejilla circular	con $r = R_i + H$, $L = L_{para}$
Velocidad del cable (v_{cable} , mm/s, $\phi_{cable} =$ [mm])	$v_{cable} = \frac{26.8007\phi_{cable} + 791959.8}{60}$ calcular temperatura (T_{anillo}) con $\phi = H$, $T_{i-1} = T_{punta}$, $v_1 = \frac{v_{anillo} + v_{cable} + v_{punta}}{3}$

En el esquema que a continuación se muestra, se puede observar las zonas que participan para el diseño del Dado de película:



Zonas participes para el diseño del Dado de recubrimiento de cable.

MANEJO DEL PROGRAMA

Características necesarias para correr EXTRUSIÓN.

Las características que se requieren para correr el programa de EXTRUSIÓN son:

1. Computadora con procesador 486, con 8 Mbytes en RAM y 6 Mbytes de espacio en disco duro.
2. Ambiente Windows Microsoft, mínimo versión 3.1.
3. Configuración en resolución: 640 x 480 pixeles en la paleta de colores: color de alta densidad (16 bits), como mínimo.

Como realizar la instalación de EXTRUSIÓN.

La instalación del programa de EXTRUSIÓN es la siguiente:

1. Ejecute Windows. Ingrese a la unidad **A** e introduzca El disco 1 de instalación.
2. Pulse el icono de la aplicación del SETUP y presione la tecla ENTER:

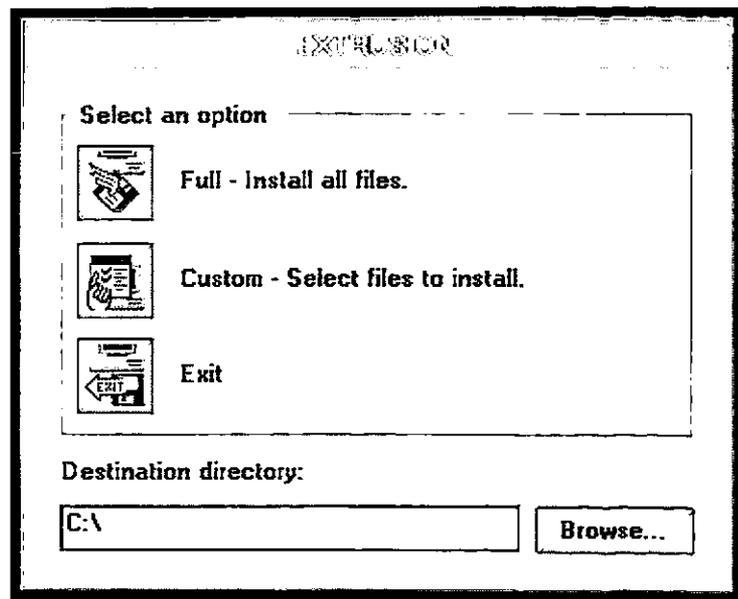


ó



(depende como este configurada la computadora)

3. La pantalla que se muestra, estará indicando donde colocar la aplicación y la personalización de la **instalación**; oprima la opción de instalación completa.



4. La instalación pedirá los discos uno por uno.
5. Al finalizar, aparecerá la pantalla que mostrara un recuadro de diálogo, elija una de las siguientes opciones:
 - Si pulsa el botón Si, le colocará los iconos de EXTRUSIÓN.EXE y DISEÑO.EXE en el administrador de programas.
 - Si selecciona No, terminará la instalación.
6. Podrá ingresar a EXTRUSIÓN pulsando el botón en el icono del programa ejecutable.

Consideraciones pertinentes.

1. Cuando se hable del programa de EXTRUSIÓN se refiere al conjunto unido de los ambientes de Proceso de Extrusión y el de Diseño.
2. Cuando se hable del ambiente de Proceso de Extrusión se refiere a la subrutina de la explicación completa acerca del proceso de Extrusión.
3. Cuando se hable del ambiente de Diseño se refiere a la subrutina del diseño del husillo de la extrusora y del Dado de un perfil predeterminado.

El panel de control.

El panel de control muestra la información sobre EXTRUSIÓN y sobre la ventana activa. En él figuran la barra de títulos y el menú principal. Para el caso del Proceso de Extrusión:

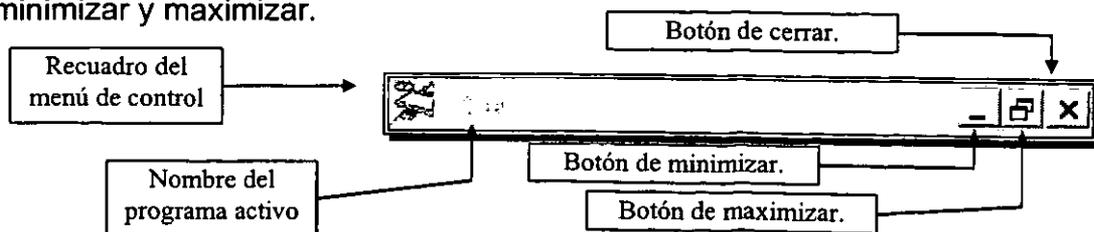


y para diseño:



La barra de títulos.

La barra de títulos de la ventana de EXTRUSIÓN (ya sea Proceso de Extrusión o diseño), contienen el recuadro de control, el nombre del programa activo y, dependiendo del caso los botones de cerrar, minimizar y maximizar.



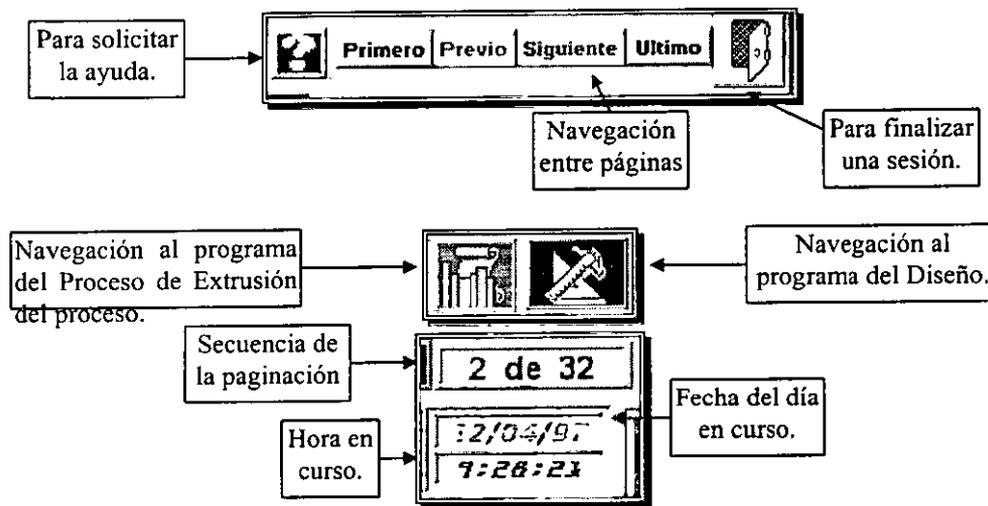
El menú principal.

Dentro del menú principal, encontrara todos los comandos utilizados por EXTRUSIÓN.

Índice Página Diseño Proceso Ayuda

Los iconos.

Los iconos presentan un método practico y rápido para ejecutar muchas de las funciones de EXTRUSIÓN.



Para finalizar una sesión en EXTRUSIÓN.

Realice exactamente lo siguiente:

1. Seleccione el comando Salir ya sea con el icono , con la tecla ESC o en el menú principal dentro de la opción Índice.
2. Aparecerá un recuadro de diálogo en su pantalla, elija una de las siguientes:
 - Si pulsa el botón Si, EXTRUSIÓN finalizará la sesión de trabajo y regresará a la ventana principal de Windows.
 - Si pulsa el botón No, EXTRUSIÓN volverá al programa.

Para cambiar de una aplicación a otra. (Proceso de Extrusión a Diseño y viceversa)

Realice exactamente lo siguiente:

En el caso de encontrarse en Proceso de Extrusión:

1. Seleccione el comando Diseño ya sea con el icono o en el menú principal dentro de la opción Diseño.

2. Aparecerá un recuadro de diálogo en su pantalla, elija una de las siguientes:

- Si pulsa el botón Si, EXTRUSIÓN lo enviará al programa de Diseño.
- Si pulsa el botón No, EXTRUSIÓN volverá al programa.



Es análogo, en el caso de encontrarse en Diseño, pero el icono a utilizar es  o en el menú principal dentro de la opción Proceso de Extrusión.

El Mouse.

Con EXTRUSIÓN puede usar el Mouse y el teclado para ejecutar un gran número de tareas como pueden ser: la ejecución de comandos, navegar entre páginas, animación de los gráficos que se localizan en cada pantalla, etc.

Para familiarizarse con el uso del Mouse, será imprescindible conocer el significado de las siguientes expresiones:

<i>Expresión</i>	<i>Significado</i>
Pulsar el Botón	Presionar y soltar rápidamente el botón del Mouse
Pulsar dos veces el botón derecho (doble clic)	Presionar y soltar rápidamente el botón derecho del Mouse dos veces seguidas
Apuntar	Posicionar el puntero (del Mouse)

No siempre el aspecto del puntero del Mouse en la pantalla será el mismo dependiendo de la tarea que está siendo efectuada, el puntero tendrá un aspecto u otro. La siguiente tabla contiene los diferentes aspectos del puntero:

<i>Forma del puntero</i>	<i>Acción</i>
	Activa, abre menú de control, selecciona comandos del menú de opciones o en recuadro de opciones. Es el puntero estándar.
	Indica que debe de esperar un momento para que EXTRUSIÓN finalice la operación que está realizando.
	En el sistema de ayuda muestra una definición o le traslada a la referencia citada.
	Indica que hay una referencia de ayuda para muestra en uso.

Forma del puntero	Acción
	Indica que en esta opción se debe para finalizar la sesión en EXTRUSIÓN.
	Indica que le puede permitir navegar hasta la primera página que contiene el programa.
	Indica que le puede permitir navegar hasta la última página que contiene el programa.
	Indica que le puede permitir navegar a la siguiente página que contiene el programa.
	Indica que le puede permitir navegar a la página anterior que contiene el programa.

Manipulación de los Comandos de EXTRUSIÓN.

La siguiente tabla hace un rápido recorrido por las diferentes actividades que pueden ser ejecutadas con los comandos de EXTRUSIÓN:

Para todo el ambiente de EXTRUSIÓN.

Operación	Con el Mouse	Con el Teclado
Ir a la página primera	Sitúe el puntero en el botón Primero y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, posteriormente la tecla → o P, y después una vez ↓ o P para resaltar el comando. Presione la tecla F6.
Ir a la página anterior	Sitúe el puntero en el botón Previo y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, posteriormente la tecla → o P, y después dos veces ↓ o R para resaltar el comando. Presione la tecla F7.
Ir a la página siguiente	Sitúe el puntero en el botón Siguiente y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, posteriormente la tecla → o P, y después tres veces ↓ o S para resaltar el comando. Presione la tecla F8.
Ir a la última página	Sitúe el puntero en el botón Último y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, posteriormente la tecla → o P, y después cuatro veces ↓ o U para resaltar el comando. Presione la tecla F9.
Finalizar una sesión de EXTRUSIÓN	Sitúe el puntero en el icono  y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, después la tecla ↓ para resaltar el nombre del comando Salir del programa o S. Presione la tecla ESC.
Ir al menú Principal	Sitúe el puntero en el botón Primero y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, después la tecla ↓ para resaltar el nombre del comando Menú Principal o M.

Operación	Con el Mouse	Con el Teclado
Activar la Ayuda General.	Sitúe el puntero en el icono  y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, después la tecla ↓ para resaltar el nombre del comando Ayuda General o A. Presione la tecla F1.
Cerrar la Ayuda	Sitúe el puntero en el recuadro de dialogo "Opción a escoger..." en Cerrar Ayuda. Para ello debe haber pulsado el icono de la Ayuda General.	Presione ALT, después la tecla ↓ para resaltar el nombre del comando Cerrar Ayuda o C. Presione la tecla F2.

En el ambiente de PROCESO DE EXTRUSIÓN.

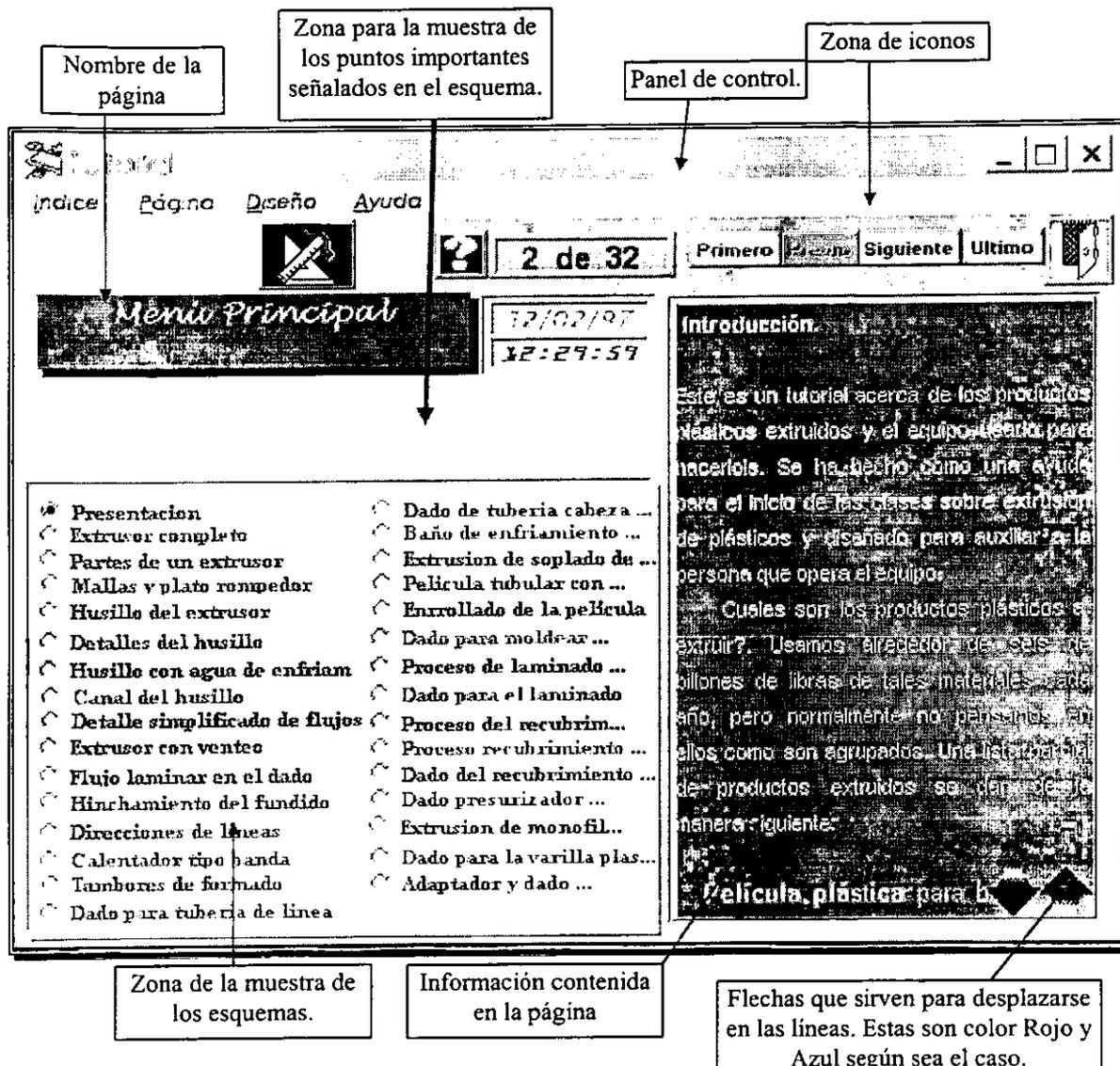
Operación	Con el Mouse	Con el Teclado
Ir a una página específica.	Vaya a la página del menú principal y sitúe el puntero en la opción deseada, pulse el botón de Mouse.	Presione ALT, después la tecla ↓ o la letra subrayada de la opción a desear para resaltar el comando.
Ir al programa de Diseño.	Sitúe el puntero en el icono  y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, después la tecla → tres veces o D, y después la tecla ↓ o D para resaltar el comando.

Acciones únicamente con el Mouse en el ambiente de Proceso de Extrusión.

Hay acciones que sólo se pueden realizar con el Mouse, y son las siguientes:

Acción	Procedimiento
Extraer la información contenida en cada página.	Sitúe el puntero en las flechas ubicadas en el inferior del campo y presione el botón del Mouse. Cuando la flecha este en color AZUL indica que todavía hay información, en caso contrario este se pondrá de color ROJO.
Muestra de los temas contenidos en cada pagina.	Vaya a la página del menú principal y sitúe el puntero en la opción deseada, observe que la forma del puntero cambia a  .
Activar la animación de los esquemas contenida en cada página.	Sitúe el puntero en el esquema, la animación es automática. Observe que la forma del puntero cambia a  , excepto en la página de "extrusor completo" que cambia a  .

Esta es la ventana principal en el ambiente de Proceso de Extrusión:



Este es un ejemplo de las treinta y dos páginas que conforman al ambiente de Proceso de Extrusión.

En el ambiente de DISEÑO.

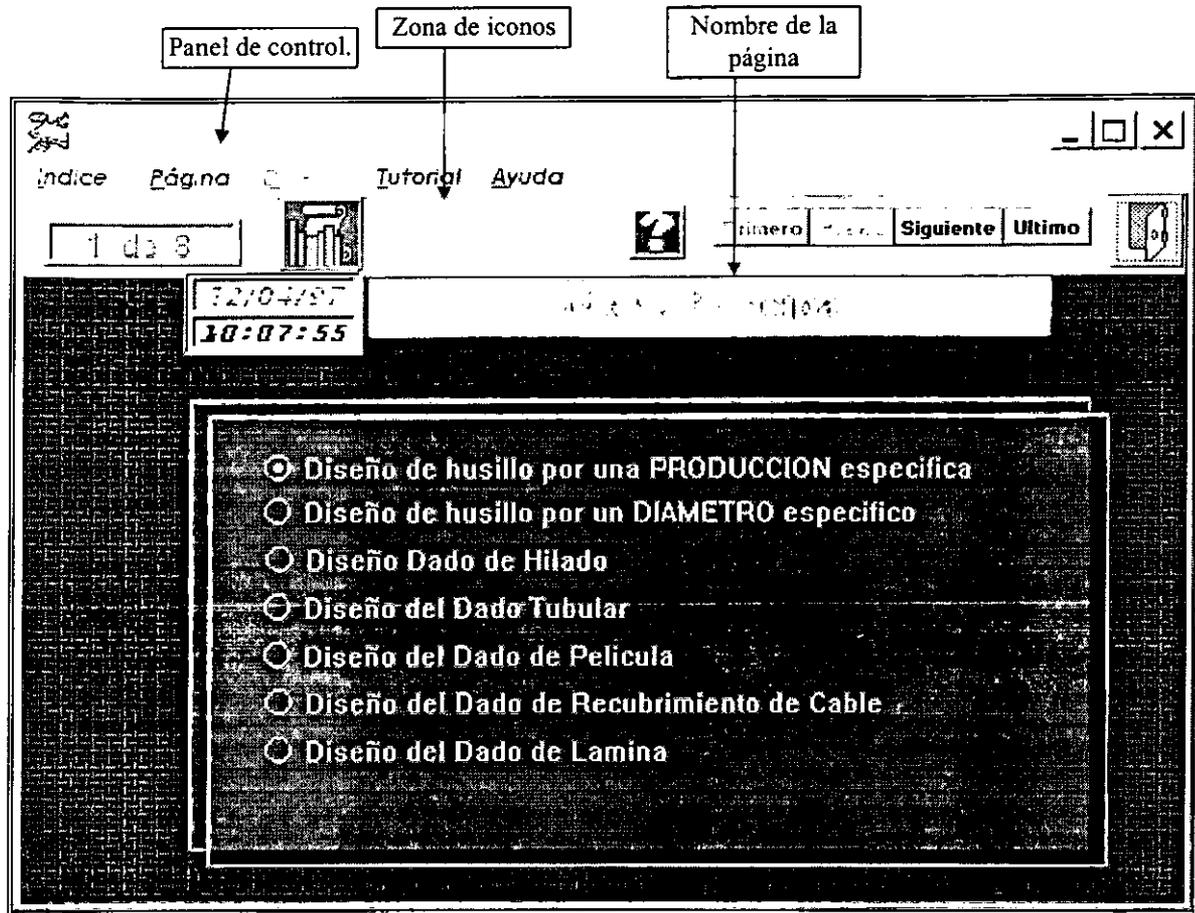
Operación	Con el Mouse	Con el Teclado
Ir a una página específica.	Vaya a la página del menú principal y sitúe el puntero en la opción deseada, pulse el botón de Mouse.	Presione ALT, posteriormente la tecla ↓ o la letra subrayada de la opción a desear para resaltar el comando.
Ir al programa de Diseño.	Sitúe el puntero en el icono  y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, posteriormente la tecla → cuatro veces o T, y después la tecla ↓ o T para resaltar el comando.

Operación	Con el Mouse	Con el Teclado
Activar el auxiliar de la Ayuda.	Sitúe el puntero en el icono  y pulse el botón del Mouse, con ello aparecerá la leyenda "Opción a escoger ...", coloque el puntero en la opción deseada y pulse el botón del Mouse.	Presione ALT, después la tecla ↓ para resaltar el nombre del comando deseado o la letra que se encuentra subrayada.
Iniciar los cálculos para el diseño.	Introduzca primero los datos que sean necesarios, luego pulse el botón DERECHO dos veces; aparecerá la leyenda "¿Están bien los datos?", esto es para confirmar, presione Si o No dependiendo del caso.	Introduzca primero los datos que sean necesarios, luego presione ENTER, aparecerá la leyenda "¿Están bien los datos?", esto es para confirmar, presione Si o No dependiendo el caso. Presione ALT, después la tecla ↓ para resaltar el nombre del comando que se encuentra activo o la letra que se encuentra subrayada. Para poder navegar entre los campos que necesitan los datos, presione cuantas veces sea necesario TAB.

Acciones únicamente con el Mouse en el ambiente de Diseño.

Acción	Procedimiento
Ver información del vocabulario.	Sitúe el puntero en el campo del tema deseado, observe que la forma de este cambia a  , después presione el botón DERECHO del Mouse dos veces.
Ver aclaración que existe para suministrar datos.	Sitúe el puntero en el campo superior, observe que aparece un recuadro de aclaración acerca de la introducción de datos en específico del campo en uso y que la forma del puntero cambia a  .
Obtener los resultados generados a partir de los datos introducidos.	Sitúe el puntero en las flechas del campo que aparece al finalizar los cálculos ubicadas en la parte derecha de la pantalla, presione el botón del Mouse cuantas veces sea necesario para que puede leer los resultados del diseño.
Activar la animación de los esquemas contenida en cada página.	Sitúe el puntero en el esquema que aparece en cada página, la animación es automática. Observe que la forma del puntero cambia a  .

Esta es la ventana principal de Diseño:



Pantalla de la página Menú Principal.

Este es un ejemplo de las ocho páginas que conforman al ambiente de diseño.

Menús para el ambiente de Proceso de Extrusión.

Índice	
<p><u>M</u>enu Principal</p> <p>Extrusor <u>C</u>ompleto</p> <p><u>P</u>artes de un Extrusor</p> <p>Mallas y Plato <u>R</u>ompedor</p> <p>Husillo del Extrusor</p> <p><u>D</u>etalles del Husillo</p> <p>Husillo con Agua de <u>E</u>nfriamiento</p> <p><u>C</u>anal del Husillo</p> <p><u>D</u>etalle simplificado de flujos</p> <p>Extrusor con <u>V</u>entosa</p> <p>Flujo Laminar en el Dado</p> <p><u>H</u>inchamiento del Fundido</p> <p><u>D</u>irecciones de Líneas de Proceso</p> <p><u>C</u>alentador Tipo Banda</p> <p><u>T</u>ambores de Formado</p> <p>Dado para <u>T</u>ubera de Línea</p> <p>Dado de <u>T</u>ubera Cabeza Cruzada</p> <p><u>B</u>año de Enfriamiento para Tubas</p> <p>Extrusión de Soplado de Película</p> <p>Película Tubular con Escudete</p>	<p><u>E</u>nrollado de la Película</p> <p>Dado para <u>M</u>oldear Película</p> <p><u>P</u>roceso de Laminado Extruido</p> <p><u>D</u>ado para el Laminado</p> <p><u>P</u>roceso del <u>R</u>ecubrimiento</p> <p><u>P</u>roceso <u>R</u>ecubrimiento de Cable</p> <p>Dado del <u>R</u>ecubrimiento de Cable</p> <p>Dado <u>P</u>resurizador para el cable recub</p> <p><u>E</u>xtrusión de Monofilamento</p> <p>Dado para la <u>V</u>arieta Plástica</p> <p><u>A</u>daptador y Dado de un Perfil</p> <p><u>S</u>alir del Programa Esc</p>

Índice	
<u>P</u> rimero	F6
<u>P</u> revio	F7
<u>S</u> iguiente	F8
<u>U</u> ltimo	F9

<u>S</u> iguiente
<u>D</u> iseño

Ayuda	
<u>A</u> yuda General	F1
<u>C</u> errar Ayuda	F2

Menús para el ambiente de Diseño.

Principal

- Menu Principal
- Diseño de husillo por una PRODUCCION específica
- Diseño de husillo por un DIAMETRO específico
- Diseño del Dado de Hilado
- Diseño del Dado Tubular
- Diseño del Dado de Película
- Diseño del Dado de Recubrimiento de Cable
- Diseño del Dado de Lamina
- Salir del Programa Esc

Botones

- Primero F6
- Previo F7
- Siguiente F8
- Ultimo F9

Tutoría

Ayuda

- Ayuda General F1
- Tornillo
- Adaptador
- Dado
- Vocabulario
- Cerrar Ayuda F2

Inicio

- Diseño del Tornillo por PRODUCCION
- Diseño del Tornillo por DIAMETRO
- Diseño Dado de Hilado
- Diseño del Dado de PÉLICULA
- Diseño del Dado de LAMINA
- Diseño del Dado Tubular
- Diseño del Dado de Recubrimiento de Cable

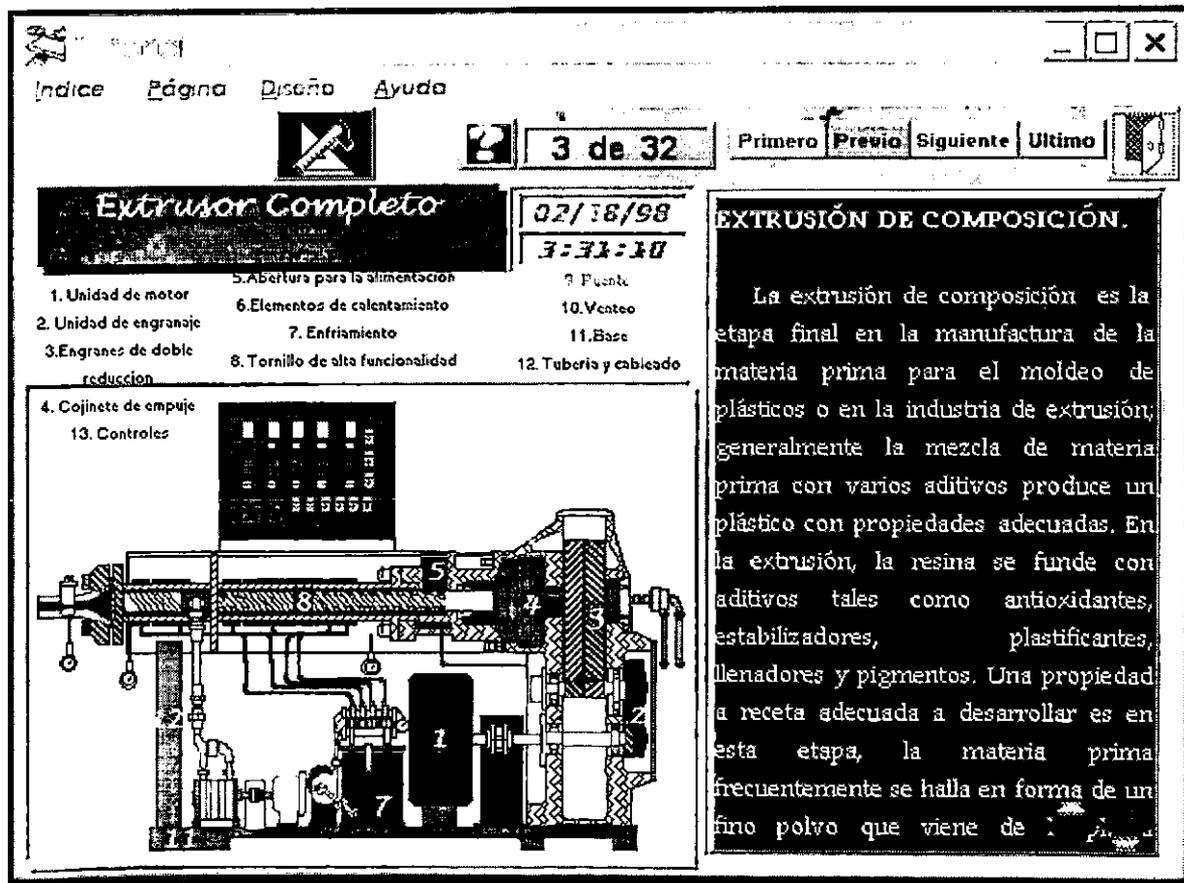
Manejo de los ambientes.Subrutina del Proceso de Extrusión.

El Proceso de Extrusión es un programa que trata de explicar el proceso de extrusión, los siguientes puntos que toma son:

1. Que tipos de materiales se puede procesar.
2. Equipos y/o servicios auxiliares necesarios para realizar el trabajo.
3. Los rangos de las condiciones de operación en las que se trabaja.
4. Como iniciar el arranque, corrida y el paro de los equipos secuencialmente.
5. Los tipos de mantenimiento necesarios para la línea de extrusión.
6. Propuestas de solución a problemas típicos que se llegan a generar durante el inicio, corrida y paro de la línea.
7. Los tipos de perfiles que se pueden generar en el proceso de extrusión.

Ejemplo del manejo del ambiente de Proceso de Extrusión.

Tomando un ejemplo, si se desea ingresar a la página "Extrusor Completo", realice el procedimiento descrito "ir a una página específica", ejecute la opción Extrusor Completo o vaya a la página número dos. Aparecerá la siguiente pantalla:



Pantalla de la página Extrusor Completo.

En él se podrá obtener la siguiente información:

1. La información contenida en el campo "Información contenida en la página", da referencia acerca del título de la página seleccionada. En el caso de Extrusor Completo sólo se tiene el tema de "*Extrusión de Composición*"
2. La animación del esquema que se encuentra en el extremo izquierdo de la pantalla. Aquí se presenta una señalización de las partes más importantes que constituyen a la muestra. En otras páginas se tiene una animación cercana al movimiento real que existe en el equipo.

Subrutina del Diseño.

Antes de iniciar con la explicación del manejo del ambiente de Diseño, hay puntos que son generales para el uso del programa:

1. Cuando falte información en algunos de los campos que necesita la introducción de datos, aparecerá la siguiente advertencia "*Falta información en alguno de los campos!!!*". También existe otra leyenda, y esta es cuando se han introducido valores fuera del rango permitido "*El rango permitido para el diseño esta entre ...*".
2. Los siguientes dos puntos se refiere en específico para el diseño de los Dados, habrá ocasiones en que la combinación de los datos introducidos no sean los adecuados, entonces aparecerá la siguiente advertencia "*No se puede realizar el diseño de este Dado con estas características, modifique el valor del diámetro al Dado*", esto es en referencia al diámetro, porque el flujo de entrada es muy pobre o elevado para el tamaño del perfil que se desea obtener.
3. Cuando la combinación de los valores introducidos llegan a generar un ciclo (loop) en la ejecución de los cálculos o el valor de la viscosidad en específico es muy bajo, implica que el extruido no se puede formar, por lo cual aparecerá una advertencia "*No se puede realizar el diseño de este Dado con estas características, debido a que las propiedades termodinámicas se salen del rango establecido para la extrusión. modifique alguno de los valores*". Los resultados que se llegan a generar, no son las condiciones de operación, son valores máximos para diseñar el equipo seleccionado.

El diseño es un programa enfocado a diseñar el Husillo de una extrusora y el Dado de un perfil especificado en el programa. La opción que se tiene tanto para el husillo como para el Dado es :

- Polímero a extruir, cuenta con:
 - * PVC (Policloruro de Vinilo)
 - * PMMA (Polimetil Metacrilato)
 - * LDPE (Polietileno de Baja Densidad)
 - * HDPE (Polietileno de Alta Densidad)
 - .. PP (Polipropileno)
 - * PS (Poliestireno)

En el caso del husillo:

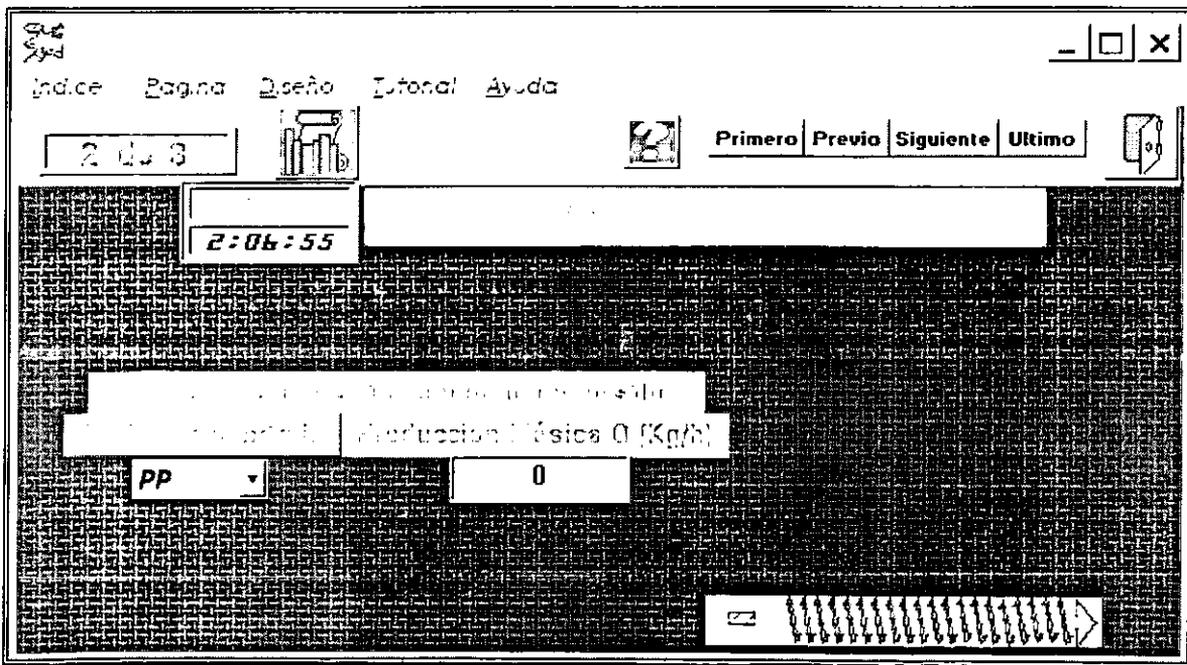
- Tiene dos opciones para el diseño, en uno se introduce la Producción Másica, el rango de introducción de valores se encuentra entre 1 hasta 14 000 Kg/h; en el Diámetro del Husillo (en realidad es el diámetro interno del barril del extrusor) se cuenta con 1", 1 ¼", 1 ½", 1 ¾", 2", 2 ½", 3", 3 ½", 4 ½", 6", 8", 10" y 12". Además maneja las siguientes relaciones de longitud-diámetro (L/D): 15, 20, 24, 30 y 36.

En el caso de los Datos, se tiene la opción de diámetro de entrada al adaptador, que corresponde al diámetro interno del barril.

Ejemplo del manejo del ambiente de Diseño.

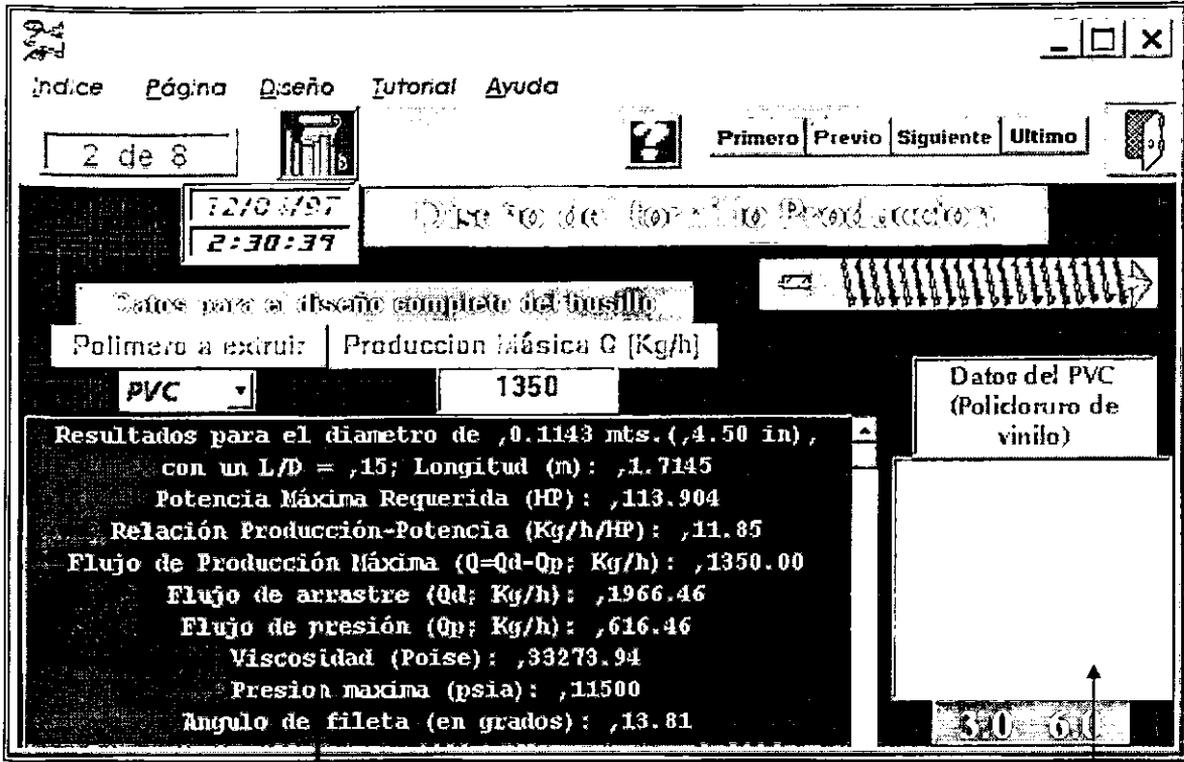
Husillo.

Seleccionar la opción "Diseño del husillo por una PRODUCCIÓN específica", ingresa a la página de dicho nombre, realice el procedimiento descrito "ir a una página específica" y ejecute la opción o vaya a la página número dos. Aparecerá la siguiente pantalla:



Pantalla de la página Diseño del tornillo por Producción.

Realizando un cálculo, en el que se quiere tener el diseño del husillo con una alimentación de 1350 Kg/h y el polímero a procesar es PVC. Entonces introduzca lo siguiente; en el campo inferior a polímero a extruir seleccione PVC, después en el de producción másica teclee 1350. Los resultados aparecerán posteriormente (la velocidad en que aparezcan dependerá de la máquina en que este trabajando). Aparecerá lo siguiente:



Pantalla con los resultados obtenidos de acuerdo a los datos introducidos.

Muestra de resultados

Especificación del criterio de selección del husillo.

Aparecerá una gama de diámetros en el que cae la especificación de la producción mástica, en este caso se tienen los siguientes:

- 4 ½" y 6".

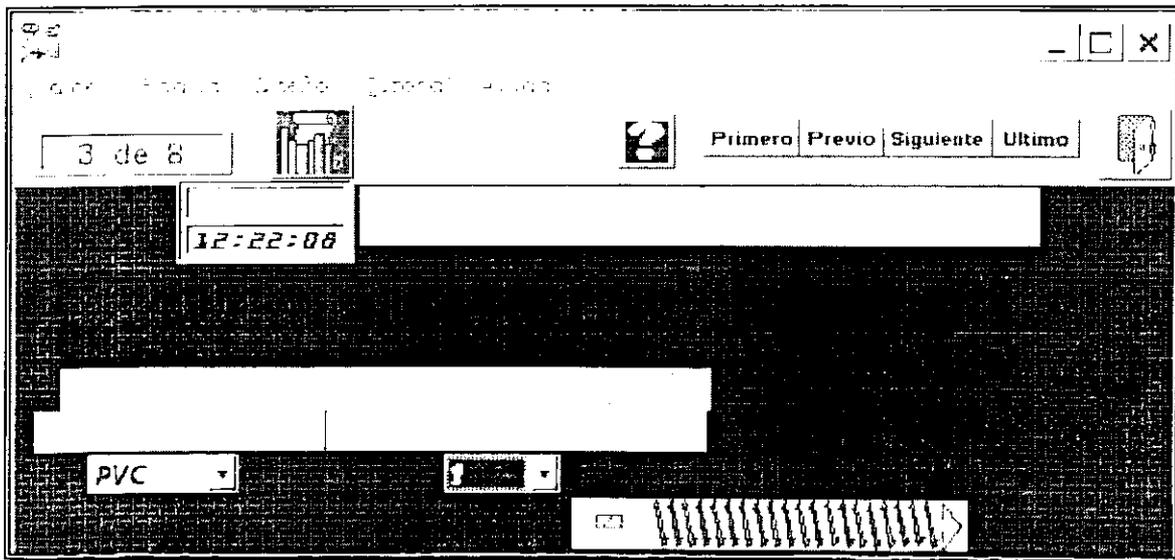
Y junto con la relación longitud-diámetro se obtienen una serie de combinaciones de posibles diseños, pero no todos pueden ser seleccionados: a esto, se tiene un criterio para la toma de decisión y esta basado en la relación producción-potencia requerida (Kg/h/HP). Tomando una combinación, se tiene lo siguiente:

Propiedad	Resultado
Díámetro (in)	4 ½
L/D	20
Longitud (m)	2.2860
Potencia máxima requerida (HP)	261.9
Relación Producción-Potencia (Kg/h/HP)	5.15
Flujo de producción máxima (Q=Q _D -Q _P ; Kg/h)	1 350.00
Flujo de arrastre (Q _D ; Kg/h)	1 929.14
Flujo de presión (Q _P ; Kg/h)	579.14
Viscosidad (poise)	19 005.71
Presión máxima (Psia)	11 500
Ángulo de fileta (°)	17.7

Propiedad	Resultado
Diámetro del husillo (m)	0.1138
Claro (mm)	0.2286
Ancho de la fileta (mm)	11.4
Ancho del canal (mm)	71.82
Paso (mm)	85.73
Velocidad del husillo (r.p.m.)	116.89
número de vueltas	20
Profundidad del canal en la primera vuelta (mm)	17.1
Relación de compresión a:	
2 : 1	Profundidad del canal en la última vuelta (mm) 7.8
3 : 1	" " 5.1
4 : 1	" " 3.8

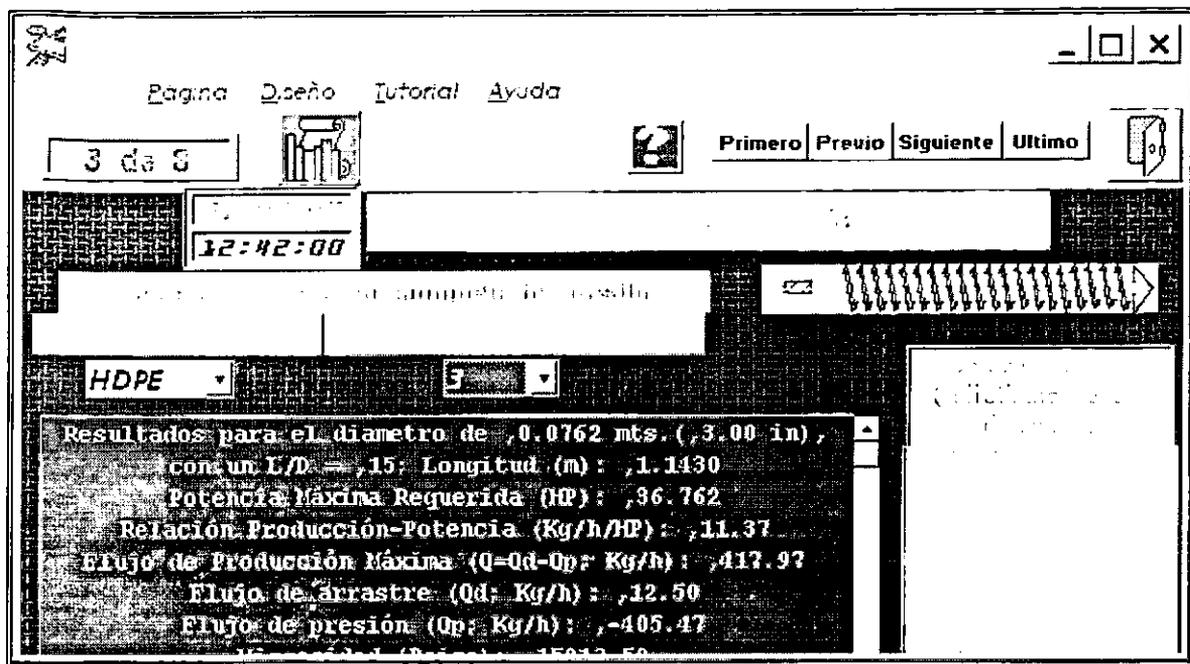
Se encuentra en este cálculo que la relación producción potencia (5.15 Kg/h/HP) se halla dentro del rango permitido (3.0 a 6.0 Kg/h/HP), lo que indica que este diseño se puede seleccionar. En esta tabla se encuentran los valores más importantes y la definición de estos términos técnicos se pueden **ver en la opción de ayuda (en vocabulario)**.

Ahora seleccione la opción de "Diseño del husillo por una DIÁMETRO específico", para ingresar a la página con dicho nombre, realice el procedimiento descrito "ir a una página específica" y busque la opción o vaya a la página número tres. Aparecerá la siguiente pantalla:



Pantalla de la página Diseño del husillo por Diámetro.

Realizando un cálculo, en el que se quiere tener el diseño del husillo con un diámetro de 3 " y el polímero a procesar es HDPE. Entonces introduzca lo siguiente; en el campo inferior a polímero a extruir seleccione HDPE, después en diámetro del husillo seleccione 3. Los resultados aparecerán posteriormente. Entonces aparecerá lo siguiente:



Pantalla con los resultados obtenidos de acuerdo a los datos introducidos.

De acuerdo al L/D especificado se tiene una combinación de posibles diseños, nuevamente hay que basarse en el criterio para la selección del diseño. Tomando una combinación, la siguiente tabla muestra lo siguiente:

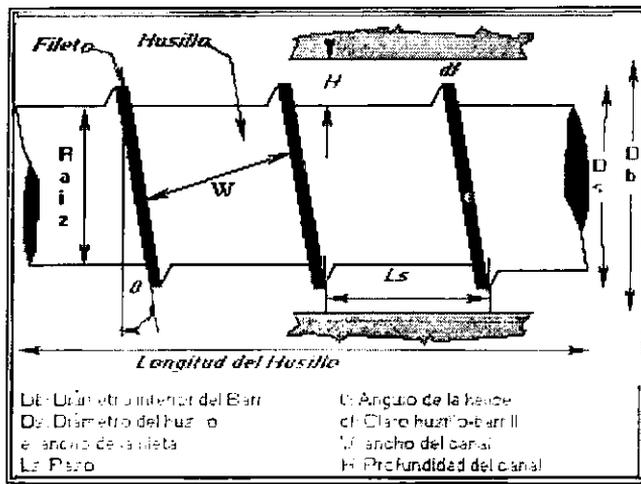
Propiedad	Resultado
Diámetro (in)	3
L/D	36
Longitud (m)	2.7432
Potencia máxima requerida (HP)	437.593
Relación Producción-Potencia (Kg/h/HP)	0.21
Flujo de producción máxima (Q=Q _D -Q _P ; Kg/h)	91.67
Flujo de arrastre (Q _D ; Kg/h)	33.93
Flujo de presión (Q _P ; Kg/h)	57.75
Viscosidad (poise)	3 367.85
Presión máxima (Psia)	13 000
Ángulo de fileta (°)	23.87
Diámetro del husillo (m)	0.0759
Claro (mm)	0.1524
Ancho de la fileta (mm)	7.6
Ancho del canal (mm)	47.88
Paso (mm)	57.15
Velocidad del husillo (r.p.m.)	422.64
número de vueltas	20
Profundidad del canal en la primera vuelta	1.3

ESTO TIENE QUE SER
SALIR DE LA UNIDAD

Relación de compresión a:

2 : 1	Profundidad del canal en la última vuelta (mm)	0.6
3 : 1	Profundidad del canal en la última vuelta (mm)	0.4
4 : 1	Profundidad del canal en la última vuelta (mm)	0.3

Las variables involucradas se pueden ver en la opción de ayuda (en Tornillo):



Variable involucradas necesarias para el diseño del husillo.

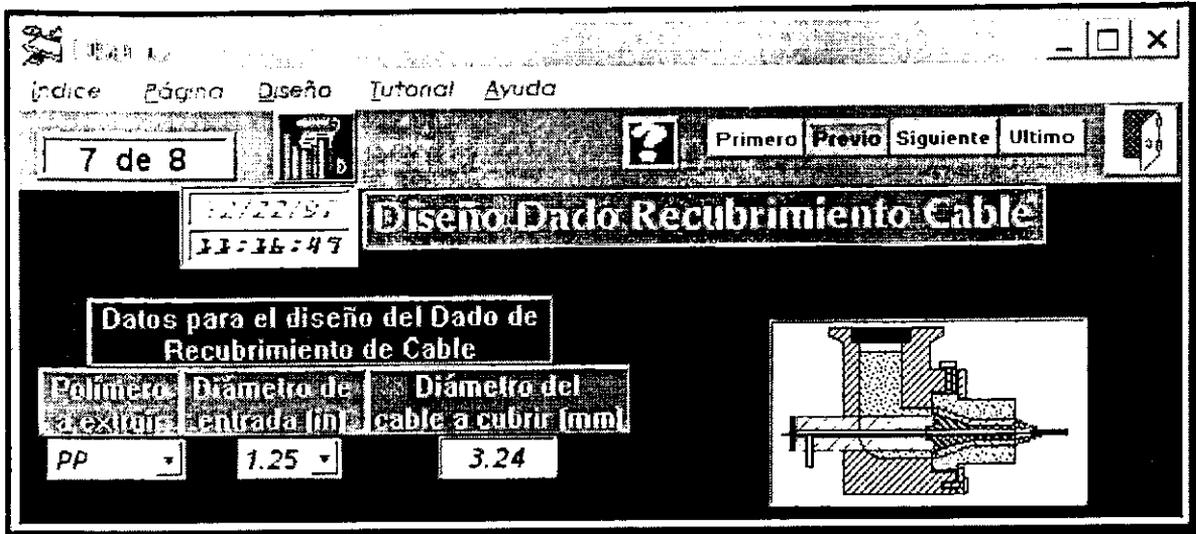
Se encuentra en este cálculo que la relación producción potencia (0.21 Kg/h/HP) no se halla dentro del rango permitido (2.0 a 4.5 Kg/h/HP), lo que indica que este diseño no se puede seleccionar.

Los criterios de selección para cada material utilizado en la Tesis son:

Material	Producción-Potencia (Kg/h/HP)
PVC	3.0 - 6.0
PP	2.0 - 4.5
PS	3.5 - 5.5
PMMA	2.0 - 8.0
LDPE	3.0 - 4.5
HDPE	2.0 - 4.5

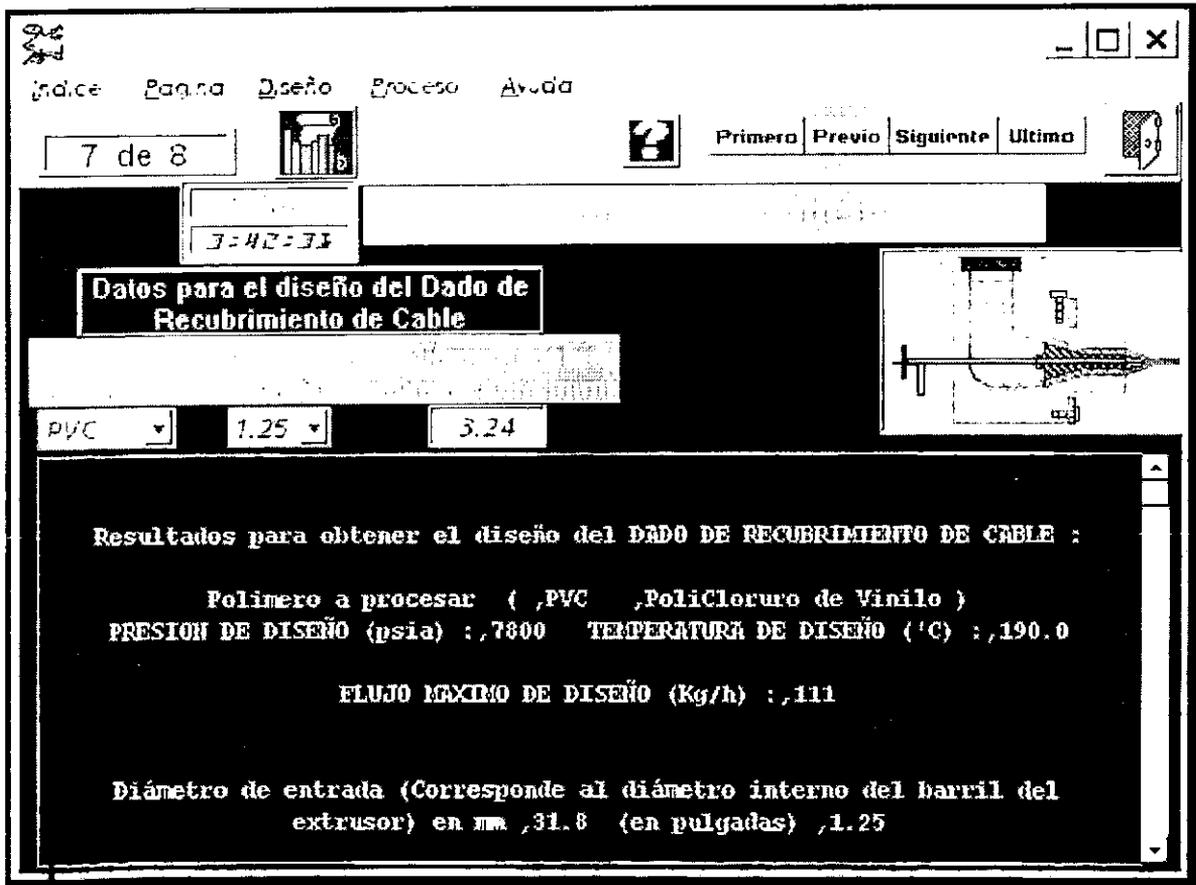
Dado.

Para el caso del diseño de un Dado, el procedimiento es muy similar, como ejemplo, seleccione la opción de "Diseño Dado de Recubrimiento de Cable", para ingresar a la página con dicho nombre, el número de la página es el siete. Aparecerá la siguiente pantalla:



Pantalla de la página Diseño del Dado de recubrimiento de cable.

Se desea el diseño del Dado de recubrimiento de cable con diámetro de entrada de 1 1/4", diámetro de cable 3.24 mm y el polímero a procesar es PP. Introduzca en el campo inferior a polímero a extruir PP, en diámetro de entrada 1.25 y diámetro del cable teclee 3.24. Los resultados aparecerán posteriormente. Entonces aparecerá lo siguiente:



Pantalla con los resultados obtenidos de acuerdo a los datos introducidos.

Muestra de resultados

Los resultados obtenidos son los siguientes:

Propiedad	Resultado
<i>Presión de diseño (Psia)</i>	7800
<i>Temperatura de diseño (°C)</i>	240
<i>Flujo máximo de diseño (Kg/h)</i>	111
<i>Diámetro de entrada, corresponde al diámetro interno del barril del extrusor (mm)</i>	1 ¼
Para el adaptador	
<i>Diámetro del Dado (canal de entrada al diversificador del mandril, mm)</i>	14.3
<i>Ángulo de entrada (°)</i>	6.57
<i>Longitud total del adaptador (mm)</i>	75.8
<i>Temperatura de entrada del material al adaptador (°C)</i>	240.0
<i>Presión de entrada (Psia)</i>	7800
<i>Temperatura de salida del adaptador (°C)</i>	214.3
<i>Presión de salida (Psia)</i>	7747.21
Para el canal (corresponde al diámetro del Dado)	
<i>Radio del diversificador en la entrada, R_o (mm)</i>	7.1
<i>Longitud de la superficie al centro del diversificador, y_o (mm)</i>	100.1

Como la geometría del Dado es simétrica, es decir; que tanto el extremo derecho como el izquierdo son iguales en su forma. La siguiente tabla muestra para la mitad del diámetro de la zona presentada, hay que recordar que la muestra es un medio círculo, por lo que varía desde 0 a n ($\pi = 180^\circ$), los resultados para el lado izquierdo son:

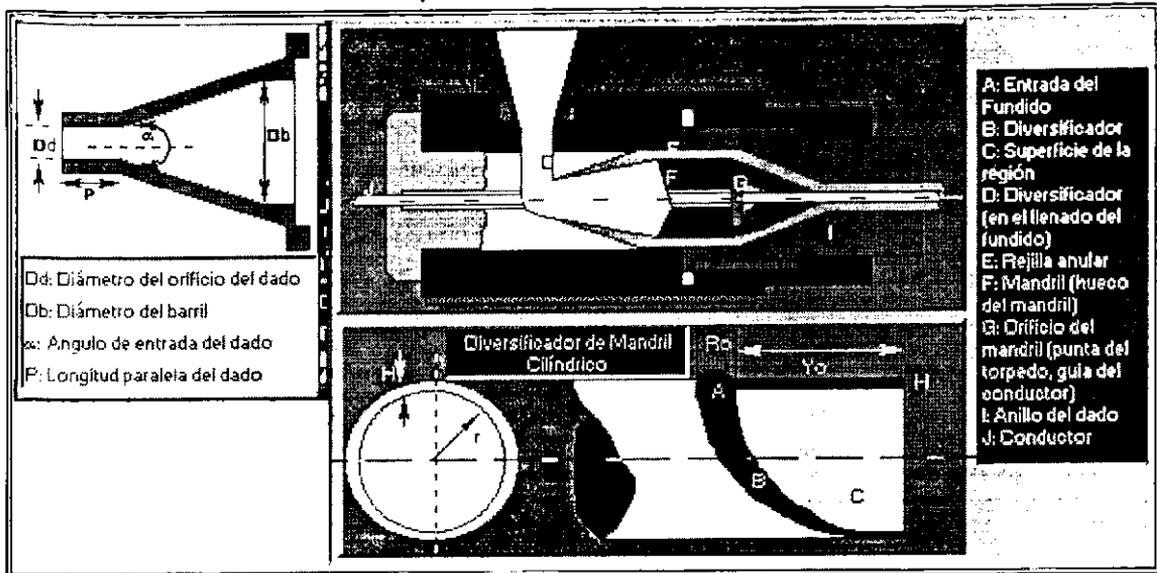
Variación del ancho (mm)	Radio del diversificador (mm)	Long. de la superf. de distribución (mm)
0.000	0.00	0.00
0.157	2.63	73.74
0.314	3.32	92.90
0.471	3.80	106.35
0.628	4.18	117.05
0.785	4.50	126.09
0.942	4.78	133.99
1.100	5.03	141.05
1.257	5.26	147.47
1.414	5.47	153.38
1.571	5.67	158.86
1.728	5.85	163.99

Variación del ancho (mm)	Radio del diversificador (mm)	Long. de la superf. de distribución (mm)
1.885	6.03	168.82
2.042	6.19	173.38
2.199	6.34	177.72
2.356	6.49	181.85
2.513	6.63	185.81
2.670	6.77	189.60
2.827	6.90	193.25
2.985	7.02	196.76
3.142	7.10	100.1

Propiedad	Resultado
Para el diversificador	
Longitud total del canal de entrada para el diversificador (mm)	36.3
Temperatura de salida del canal (°C)	209.2
Presión de salida del canal (Psia)	7531.26
Para el diversificador	
Longitud total del mandril (mm)	20.02
Abertura del canal de flujo en el mandril (rejilla de flujo, (mm)	2.77
Temperatura de salida del mandril (°C)	208.8
Presión de salida del mandril (Psia)	4765.58
Radio del mandril (Psia)	26.84
Para la punta del torpedo	
Longitud total de la punta del torpedo (mm)	277.48
Ángulo de la punta del torpedo (°)	5.53
Temperatura de salida de la punta (°C)	205.6
Presión de salida de la punta (Psia)	1974.20
Para el Anillo del Dado	
Claro entre el conductor (cable) y la punta del torpedo (mm)	0.05
Abertura del canal de flujo (mm)	0.37
Espesor de recubrimiento para el cable (mm)	0.37
Temperatura de salida del fundido del anillo (°C)	155.0
Presión de salida del fundido del anillo (Psia)	17.50

Los resultados obtenidos dan todas las características importantes para la construcción del Dado de recubrimiento de cable, la definición de estos términos técnicos se pueden **ver en la opción de ayuda (en vocabulario)**.

Las variables involucradas se pueden ver en la opción ayuda (en adaptador y en Dado):



Variable involucradas necesarias para el diseño del Dado de recubrimiento de cable.

Así como se realizó todo el procedimiento para este ejemplo, es análogo para las otras opciones de los Dados que se encuentran predeterminados en el ambiente de Diseño.

Aclaraciones o advertencias para el diseño de los Dados.

La aclaración o advertencias que se hace para el diseño de los Dados son las siguientes:

1. En diseño de Dado de hilado, los valores a introducir ya están predeterminados, el único dato adicional es:
 - Diámetro del hilo (mm),
3. En diseño del Dado tubular, el dato adicional es:
 - Diámetro interno del tubo (mm), tiene un rango de 5 a 500 mm.
4. En diseño del Dado de Película, los datos adicionales son:
 - Ancho de la película (mm), el rango permitido es de 500 a 2800.
 - Espesor de la película (mm), el rango permitido es de 0.011 a 0.7.
5. En diseño del Dado de recubrimiento de cable (que fue el ejemplo efectuado), el dato adicional es:
 - Diámetro del cable a cubrir (mm), el rango permitido es de 0.3 a 60.
6. En diseño del Dado de Laminado, los datos adicionales son:
 - Ancho de la lamina (mm), el rango permitido es de 500 a 5000.
 - Espesor de la lamina (mm), el rango permitido es de 0.7 a 40.

CONCLUSIONES

El programa generado EXTRUSIÓN puede aplicarse para:

- Complementar dar ideas para resolver problemas comunes que se presentan en la operación del equipo y/o de la materia prima manufacturada.
- La obtención del diseño del Husillo o el perfil de un producto por medio del Dado correspondiente de un modo más rápido en comparación con un procedimiento manual.
- Aclara que sin este proceso, hoy día no existirían muchos de los productos que se utilizan comúnmente y con ello poder listar todos los productos que se pueden generar es muy grande, sólo se mencionara que desde las fibras sintéticas para la industria del vestido hasta placas de protección en casas, automóviles, construcciones de cualquier índole, etc.
- Ser un medio educativo en la introducción del ambiente del procesamiento de plásticos.

Cabe mencionar que el proceso de extrusión no esta limitado a la transformación del plástico, también puede ser aplicado a la industria del alimento, metalúrgico, vidrio, etc.

BIBLIOGRAFIA.

1. "Extrusión de Plásticos" (principios básicos). Ramos de Valle, Luis Francisco. 1a. edición, Ed. Limusa. México, D.F. (1993).
2. "Introduction to Extrusion". Richardson, Paul N. 4a. edición, Ed. Society of Plastics Engineers, Inc. Manchester, USA (1974).
3. "Plactics Seminars on Extrusion" (Technology, Performance and Economics). Schutt, Nick R. University of Lowell, Massachusetts, USA (1983).
4. "How gear pumps and screw pupms perform in polymer processing applications" Mc Kelvery, Jamers M y coautores. Chemical Engineering, Sep. 27 1976.
5. "Extrusion Dies" (Desing and Engineering Computations). Michaeli, Walter. 3rd. edition. Ed. Mc Millan. N.Y., USA (1984).
6. "Fenómenos de Transporte". Bird, R. Byron y coautores. Ed. Reverté. Barcelona, España (1982).
7. "Using OpenScript" (An Introduction and Reference to the OpenScript Languaje). Asymetrix, 1st. edition. Ed. Asymetrix. USA (1989).
8. "Extrusión de Plásticos" Villaseñor Ortiz, J. Antonio. Facultad de Química, UNAM (1991). - Tesis-.
9. "Extrusión de Plásticos" (Teoria y Equipo, pte. 1). Anguita Delgado, Ramón. Ed. H. Blume, Madrid, España (1991).
10. "Extruders for plastics" Welex Incorporate. Pensilvania, USA (1990). -Folleto técnico-
11. "Great Ideas in Plastics Extrusión Systems". HPM. Miami, Florida, USA (1986). -Folleto técnico-
12. "Extrusión Screw Technology". HPM. Miami, Florida, USA (1986). -Folleto técnico-
13. "Melt homogenization of LD-Polyethylene: Improved Quality at Reduced Costs". Sterling Extruder Corporation. New Jersey, USA (1984). -Folleto técnico-
14. "Como Elegir una Máquina para la Extrusión de Plasticos". Polycid, México (1980). -Folleto técnico-