



Universidad de San Carlos de Guatemala
Facultad de Ingeniería
Escuela de Ingeniería Mecánica

**REACONDICIONAMIENTO DE LA RECÁMARA DE VACÍO PARA
PRODUCTOS PLÁSTICOS EXTRUIDOS**

Iván Raúl Flores Corona

Asesorado por el Ing. Hugo Leonel Ramírez Ortíz

Guatemala, agosto de 2008

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
FACULTAD DE INGENIERÍA



NÓMINA DE JUNTA DIRECTIVA

DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
VOCAL I	Inga. Glenda Patricia García Soria
VOCAL II	Inga. Alba Maritza Guerrero de López
VOCAL III	Ing. Miguel Ángel Dávila Calderón
VOCAL IV	Br. Kenneth Issur Estrada Ruiz
VOCAL V	
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

TRIBUNAL QUE PRACTICÓ EL EXAMEN GENERAL PRIVADO

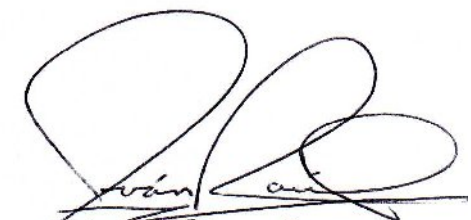
DECANO	Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
EXAMINADOR	Ing. Pablo Rodolfo Zúñiga Ramírez
EXAMINADOR	Ing. David Jonathan Spiegelers Castañeda
EXAMINADOR	Ing. Byron Giovanni Palacios Colindres
SECRETARIA	Inga. Marcia Ivónne Véliz Vargas

HONORABLE TRIBUNAL EXAMINADOR

Cumpliendo con los preceptos que establece la ley de la Universidad de San Carlos de Guatemala, presento a su consideración mi trabajo de graduación titulado:

**REACONDICIONAMIENTO DE LA RECÁMARA DE VACÍO PARA
PRODUCTOS PLÁSTICOS EXTRUIDOS,**

tema que me fuera asignado por la Dirección de la Escuela de Ingeniería Mecánica, en septiembre de 2007.



Iván Raúl Flores Corona

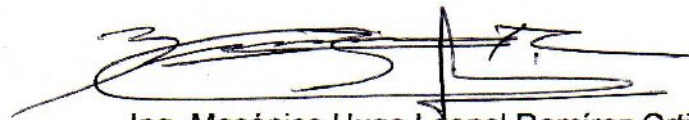
Guatemala, 19 de Mayo de 2008

Ingeniero
Fredy Mauricio Monroy Peralta
Director de Escuela de Ingeniería Mecánica
Facultad de Ingeniería
Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Ingeniero Monroy

Respetuosamente me comunico con usted para informar que he asesorado y revisado el trabajo de graduación "RECONDICIONAMIENTO DE LA RECÁMARA DE VACÍO PARA PRODUCTOS PLASTICOS EXTRUIDOS" del estudiante Iván Raúl Flores Corona con carné 200212201; determino que cumple con todos los requisitos establecidos y por su importancia doy mi aprobación al encontrarlo satisfactorio.

Atentamente,



Ing. Mecánico Hugo Leónel Ramírez Ortiz

Colegiado No. 5545

Asesor



El Coordinador del Área Complementaria de la Escuela de Ingeniería Mecánica, luego de conocer el dictamen del Asesor y habiendo revisado en su totalidad el trabajo de graduación titulado **Reacondicionamiento de la recámara de vacío para productos plásticos extruidos**, del estudiante Iván Raúl Flores Corona, recomienda su aprobación.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Carlos Humberto Pérez Rodríguez
Coordinador de Área

Guatemala, julio de 2008.

/behdei



FACULTAD DE INGENIERIA

El Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, después de conocer el dictamen del asesor, con la aprobación del Coordinador del Área Complementaria al Trabajo de Graduación titulado **Reacondicionamiento de la recámara de vacío para productos plásticos extruidos**, del estudiante **Iván Raúl Flores Corona**, procede a la autorización del mismo.

ID Y ENSEÑAD A TODOS

Ing. Julio César Campos Paiz
DIRECTOR



Guatemala, agosto de 2008

/behdei



El Decano de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, luego de conocer la aprobación por parte del Director de la Escuela de Ingeniería Mecánica Industrial, al trabajo de graduación titulado: **REACONDICIONAMIENTO DE LA RECÁMARA DE VACÍO PARA PRODUCTOS PLÁSTICOS EXTRUIDOS**, presentado por el estudiante universitario **Iván Raúl Flores Corona**, procede a la autorización para la impresión del mismo.

IMPRÍMASE.

Ing. Murphy Olympo Paiz Recinos
DECANO

Guatemala, agosto de 2008



ACTO QUE DEDICO A:

Dios Trino	por ser el centro de mi vida, por bendecirme, amarme, formarme, guiarme, iluminarme, darme paz, concederme todos los medios que hicieran posible este pequeño logro y por hacerme una persona feliz.
María Santísima	por ser mi recurso ordinario, mi buena madre, mi consuelo, mi intercesora y mi defensora.
mi madre	Evelyn, por formarme como persona, su amor incondicional, luchar junto a mi cada día, darme fortaleza y por ser mi ejemplo de superación, voluntad y perseverancia.
mi padre	Iván, por ser mi amigo, enseñarme a ser servicial, ayudarme a madurar, apoyarme en mi carrera, y por su amor.
mi hermana	Stacy, por ser quien me motiva a ser mejor cada día, y ayudarme a crecer y a madurar como persona.
mis abuelos	Marta, Rita, Raúl y Julio (+), por su amor y sabiduría.
mis amigos	Héctor, Luis Eduardo, Alejandro, Carlos, Jaime, Pablo, Juan Pablo, Andrea, Anfrid, por ayudarme a tener una bonita estancia en mi carrera y apoyarme en todo momento.
mi novia	Lilian, por su amor, llenar de ilusión mi vida, y apoyar sinérgicamente mis metas de vida.
Don Arsenio	por enseñarme que lo importante en esta vida es poder ayudar a los demás, tener gestos de caridad y hacer buenas obras.
mis amigos	los Hermanos Maristas que con su ejemplo y el de San Marcelino Champagnat contribuyeron para que todos los valores que sembraron en mi, puedan desde hoy dar frutos.

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	V
LISTA DE SÍMBOLOS.....	VII
GLOSARIO.....	IX
RESUMEN.....	XIII
OBJETIVOS.....	XV
INTRODUCCIÓN.....	XVII
ANTECEDENTES.....	XIX
1. FUNDAMENTOS BÁSICOS.....	1
1.1 Proceso de extrusión.....	1
1.2 Clases de materia prima.....	2
1.3 Tipos de husillo.....	3
1.4 Configuración de temperaturas según tipo de husillos.....	4
1.5 Descripción de equipos de enfriamiento.....	5
1.5.1 Enfriamiento de perfiles.....	5
1.5.2 Enfriamiento de tubos.....	5
2. TIPOS DE UNIDADES DE ENFRIAMIENTO.....	7
2.1 Unidades de enfriamiento para perfiles o sólidos.....	7
2.2 Unidades de enfriamiento para sección tubular por insuflación.....	8
2.3 Unidades de enfriamiento para sección tubular por vacío.....	8

3. LA RECÁMARA DE VACÍO.....	11
3.1 Instrumentación.....	11
3.1.1 Temperatura.....	11
3.1.2 Presión negativa.....	12
3.1.3 Revoluciones.....	14
3.2 Componentes.....	14
3.2.1 Recámara.....	14
3.2.2 Sumideros.....	17
3.2.3 Rodamientos de nivel.....	18
3.2.4 Anillos de enfriamiento.....	18
3.2.5 Secador de productos.....	19
3.3 Circuitos de agua y vacío.....	21
3.4 Equipo auxiliar.....	27
4. INGRESO DE PLASTIFICADOS A LA RECÁMARA.....	31
4.1 Anillos de enfriamiento.....	31
4.1.1 Manufactura de anillos de enfriamiento.....	32
4.1.2 Dimensiones de espacio entre anillos de enfriamiento.....	33
4.2 Orificio de entrada.....	35
4.3 Anillo de agua.....	37
4.4 Conexiones de agua.....	40
5. MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE SUS COMPONENTES..	43
5.1 Recámara.....	43
5.2 Sumideros.....	45
5.3 Rodamientos de nivel.....	47
5.4 Anillos de enfriamiento.....	48
5.5 Cubiertas.....	49

6.	MONTAJE DE COMPONENTES A LA RECÁMARA	53
6.1	Desplazamiento.....	53
6.2	Conexiones.....	57
6.2.1	Conexiones de agua de chiller.....	57
6.2.2	Conexiones eléctricas.....	59
6.2.3	Conexiones de agua de alimentación.....	61
6.3	Movimiento libre x,y,z.....	62
6.4	Montaje de las entradas.....	64
6.5	Montaje de entradas de otros equipos.....	66
7.	MANTENIMIENTO DE LA RECÁMARA	69
7.1	Recámara de vacío.....	69
7.1.1	Rodamientos del plastificado.....	69
7.1.2	Sumideros.....	71
7.1.3	La cubierta.....	72
7.2	Componentes externos de la recámara.....	73
7.2.1	Bombas de vacío.....	74
7.2.2	Rieles.....	75
7.2.3	Bombas de agua.....	76
7.2.4	Mangueras.....	78
7.2.5	Cojinetes y chumaceras.....	80
8.	AJUSTE OPERACIONAL	83
8.1	Panel de control.....	83
8.2	Puesta en marcha.....	85
8.3	Acciones para dimensionar el diámetro transversal.....	86
8.4	Suministros.....	89

8.4.1	Empaques de retención.....	89
8.4.2	Esponjas.....	90
9.	FALLAS Y SOLUCIONES COMUNES.....	93
	CONCLUSIONES.....	99
	RECOMENDACIONES.....	101
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	103
	BIBLIOGRAFÍA.....	105

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

FIGURAS

1	Termómetro de aguja, escala en °C y °F	12
2	Manómetro con escala Negativa (Escala en pulgadas de agua)	13
3	Compartimientos de la Recámara de vacío	17
4	Anillos de enfriamiento o discos de enfriamiento	19
5	Sistema de tubos de cobre para secar el perfil	20
6	Circuitos de agua aire de la unidad	23
7	Entradas y salidas de agua aire del tanque cerrado	26
8	Ubicación para instalar equipo auxiliar del control de temperatura	29
9	Entrada y anillos de enfriamiento (diseño alemán)	32
10	Detalle de partes que componen la sustentación de los discos	34
11	Perfil del embudo de entrada hacia la recámara	36
12	Embudo de entrada hacia la recámara	38
13	Empaques para anillo de agua de canal	39
14	Conexiones de agua para embudos	42
15	Perfil de hule para el empaque	50
16	Desplazamiento horizontal de la recámara	54
17	Detalle del perfil y frente de los rieles	55
18	Diagrama de bloques para las conexiones eléctricas	60
19	Flange para adaptar embudos a compartimientos americanos	65
20	Flange para adaptar equipos americanos de menor diámetro	66
21	Grasas sintéticas para uso alimenticio	81

TABLAS

I	Tabla de medidas en MESH	46
II	Tabla de medidas para perfil angular	56
III	Tabla de propiedades de mangueras	58

LISTA DE SÍMBOLOS

RPM:	Revoluciones por minuto.
°C:	Unidades de temperatura en Grados Celsius.
°F:	Unidades de temperatura en Fahrenheit.

GLOSARIO

Amperímetro	Es un instrumento que sirve para medir el flujo de corriente eléctrica entre dos puntos de un circuito eléctrico.
Chiller	Es un intercambiador de calor que retira calor del agua, por medio de un ciclo de refrigeración de gas y que es regulable, devuelve agua enfriada.
FDA	Agencia del gobierno de los Estados Unidos responsable de la regulación de alimentos, suplementos alimenticios, medicamentos, cosméticos, aparatos médicos, productos biológicos y productos hemáticos.
Flange	Brida de sujeción que sirve como labio para unir un objeto a otro objeto en las tuberías.
LCD	Pantalla de cristal líquido es una pantalla delgada y plana en color o monocromos colocados delante de una fuente de luz o reflectora.

Manómetro Burdon	Instrumento mecánico de medición de presiones que emplea como elemento sensible un tubo metálico curvado o torcido, de sección transversal aplanada.
NSF H -1	Registro para productos que se fabrican con ingredientes que cumplen el reglamento 21 CFR 178.3570 de la FDA, para lubricantes que tienen contacto incidental con alimentos.
Parison	O Parisón. Nombre técnico que se le da al perfil de circular plástico extruido en forma de manga al salir del dado extrusor.
Pellet	Gránulo de algún polímero que es destinado a ser la materia prima para procesos de transformación de productos plásticos.
PLC	Controlador lógico programable, dispositivo electrónico programable utilizado para la automatización industrial.
Potenciómetro	Resistencia variable. Resistor al que se le puede variar el valor de su resistencia.
Rotámetro	Instrumento para la medida del caudal que pasa por una conducción.
Vacío	Presión inferior a la atmosférica; presión relativa la cual es inferior a la del entorno, presión de succión.

Voltímetro

Es un instrumento que sirve para medir la diferencia de potencial entre dos puntos de un circuito eléctrico.

RESUMEN

Las máquinas elaboradas para fines de enfriado de productos extruidos son por lo general genéricas si se compran fuera de un paquete de producción de un producto en específico, de modo que es tarea del comprador reacondicionarlas a su producto y proceso o cuando se desea conseguir un mejor rendimiento que el que se tiene cuando viene de fábrica.

Para realizar las tareas que incluyen el montaje, los materiales, la resistencia de los materiales, el tipo de fluidos a tratar, y su mantenimiento es importante tomar en cuenta parámetros de operación, como la temperatura, la presión, y las dimensiones con que se trabajará el proceso.

Factores en la toma de la decisión de la compra de un equipo genérico, dependen primordialmente del producto a fabricar, ya que existen procesos en los cuales se requiere que se utilice un equipo diseñado, según la complejidad del proceso, estos mismos factores ayudan a determinar si es posible la adaptación un equipo antiguo o si es necesario adquirir o mandar a hacer uno genérico para adaptarlo a las condiciones.

La adaptación en particular del presente trabajo es enfocada un tanque para productos plásticos tubulares de sección pequeña, que trabajan con vacío y contempla bastantes aspectos para unidades de enfriamiento de este tipo.

Otros factores muy importantes como el mantenimiento, condiciones de operación y fallas comunes se contemplan brevemente, aunque los temas son bastante extensos y dependen del uso y ritmos de producción de quien las utiliza. La mayoría de productos fabricados por estos equipos en especial tienen contacto directo con alimentos o medicinas, razón por la cual se debe tomar en cuenta toda la documentación necesaria no contemplada en este trabajo, ya que los principales productos serían pajillas y palillos que tienen contacto directo con alimentos.

OBJETIVOS

GENERAL:

- Definir los lineamientos que se deben seguir para el reacondicionamiento de la recámara de vacío para plásticos extruidos.

ESPECÍFICOS:

1. Proporcionar una guía práctica en la cual se incorpore y desarrolle la forma de adaptar el sistema de enfriamiento de un determinado producto plástico extruido, usando tanque de enfriamiento para solidificar productos plásticos extruidos.
2. Definir la forma en la que se deben de realizar las tareas de reacondicionamiento de la recámara, de tal modo que sean adecuadas para el producto a enfriar.
3. Establecer los requerimientos del ambiente dimensional de la recámara partiendo del producto.
4. Adecuar las condiciones que se requieren en el enfriamiento de productos termoplásticos, por medio del proceso de extrusión.
5. Mejorar el proceso y conocer ventajas en su operación y montaje.

INTRODUCCIÓN

El proceso de extrusión involucra muchas variables de proceso, las cuales tienen importante repercusión dentro de su manufactura. Estas deben ser monitoreadas y controladas de manera tal que los rangos de variación no deseados sean una barrera para los procesos eficientes de operación y estándares de calidad deseados. Lo anterior está inevitablemente ligado a las condiciones del equipo, en donde una parte importante dentro del equipo para el proceso de extrusión lo compone el sistema de enfriamiento para los perfiles extruídos en donde la técnica más común para el dimensionar de los productos se consigue mediante el uso de presión negativa o succión, de modo que esta presión de vacío hace que se creen las condiciones necesarias para que el producto sea finalmente el adecuado, razón por la cual es sumamente necesario controlar las variables que gobiernan este sistema.

La mayoría de equipos de enfriamiento que trabajan por vacío que son genéricos o no son dedicados a un producto o proceso en específico, por lo que deben de adecuarse al proceso de modo que faciliten la elaboración del producto al cual será destinado, de modo que existen varios factores que deben ser evaluados para adecuar el equipo al producto. Los factores que se deben considerar se describen en trabajo presente.

ANTECEDENTES

Desde hace ya varias décadas hemos podido observar en el mercado diferentes tipos de productos plásticos, pero en muchas ocasiones hemos visto también cierto grupo de perfiles plásticos, como lo pueden ser regletas, pajillas, palillos, persianas, tubos, etcétera; este grupo de productos sin duda en su mayoría han sido elaborados mediante el proceso de extrusión.

El proceso de extrusión involucra cierta cantidad de subprocesos, en los cuales se destaca el proceso de enfriamiento, cuando la técnica inició se desarrollaban sistemas para retirarle el calor que se le había transferido al perfil a través del proceso de extrusión, calor que debe ser retirado o disipado en una proporción razonable, tanto para evitar su deformación plástica como para poderlo manipular, de modo que se construyeron intercambiadores de calor que serían destinados a este fin en particular.

Cuando alguna empresa lograba consolidar la manufactura de algún producto, al mismo tiempo lo hacía con el sistema de enfriamiento, y mientras se desarrollaba el proceso de manufactura, se iba perfeccionando la técnica para enfriarlo de modo que se adecuaba el mecanismo de enfriamiento a cada producto de destino.

La técnica para enfriar los productos fue desarrollando tanto que la diferencia entre un equipo de enfriamiento y otro es demasiado grande, como tal se tiene la comparación entre una calandria que sirve para enfriar películas extruidas y una unidad de vacío que es utilizada para enfriar pajillas, tanto la

estructura del equipo como su forma de operación difieren, ya que en una se continua agregando calor para luego retirarlo y en la otra para retirarle el calor de una vez gradualmente buscando evitar los choques térmicos.

De modo que algunas compañías manufactureras de perfiles plásticos debido a la enorme demanda y la necesidad de la existencia de diversidad de productos han tenido que adecuar bastantes procesos de enfriamiento a máquinas de extrusión, pero no siempre deberían partir de cero, ya que algunos procesos poseen similitudes hasta llegar al punto del proceso de manufactura en el cual se divide o ramifica la similitud que existía entre un sistema y otro de modo que se inicio con la manufactura de unidades genéricas de las cuales partían para acondicionarlas al proceso que serian destinadas. Al ver el éxito y la calidad de las mismas empezó la comercialización de estas unidades genéricas. Pero son las compañías manufactureras las que poseen la tecnología para hacer las adaptaciones y acondicionar la maquinaria a un proceso según la forma del producto.

De modo que como era de esperarse cada usuario que adquiere una de estas unidades de enfriamiento debe partir de su propia experiencia para reacondicionar el equipo a sus necesidades.

Al hacer una investigación la información para realizar un reacondicionamiento para alguna unidad de enfriamiento se ve totalmente limitada, y mayormente aún cuando se trata de reacondicionar una recámara de vacío para productos plásticos extruídos, de modo que sería de mucha utilidad tener un punto de partida y una guía de cómo realizarlo y que variables deben tenerse en cuenta para los diferentes tipos de producto pero hasta ahora la información disponible es limitada.

Existen muchas organizaciones alrededor del mundo dedicadas a los procesos de manufactura de productos plásticos extruídos y cada uno de ellos desarrolla su propia tecnología o al menos toma parte de tecnología externa y la incorpora a la propia, pero en la mayoría de los casos esta información no sale del seno corporativo. De modo que en las organizaciones que no se dedican al desarrollo de tecnología sino que se dedican a hacer uso de la tecnología que proporcionan otras, resulta un poco costoso realizar estas adecuaciones y se va desarrollando conforme se tiene la experiencia en el reacondicionamiento, pero es casi seguro que no se documente esta información que sería bastante útil para alguien que no la posee.

1. FUNDAMENTOS BÁSICOS

1.1 Proceso de extrusión

Es un proceso de transformación del plástico en el cual la materia prima se plastifica y se hace pasar a través de un dado extrusor que da la forma o el perfil deseado.

Por medio de un husillo alojado en un barril el cual esta gobernado por resistencias que le proporcionan calor adicional al polímero, este calor es adicional debido a que gran parte del calor que hace que el polímero se transforme es la fricción que existe entre sus moléculas y por la compresión existente entre ellas.

Dependiendo de la naturaleza del proceso todo perfil extruído debiera enfriarse a través de algún medio, siendo algunos de ellos, un molde con sistemas cerrados de enfriamiento, al ambiente o en el caso que nos interesa a través de una unidad de enfriamiento ya sea por vacío o por insuflación.

Luego de enfriado el perfil extruído, este debe ser jalado de manera constante, generalmente se usa un equipo con fajas las cuales jalan por fricción el perfil extruido.

Una vez jalado el perfil al otro extremo del equipo jalador el perfil es empujado ya sea a un bobina, un colector, o un cortador de perfiles. Este último permite obtener porciones del perfil con la misma longitud.

1.2 Clases de materia prima

La materia prima puede clasificarse de muchas maneras entre ellas por el tipo de polímero, por sus propiedades, por su presentación y dimensiones y por su calidad entre otros.

Los polímeros más utilizados para el proceso de extrusión de perfiles y secciones tubulares son el Polietileno, Polipropileno, Policloruro de vinilo, Poliestireno y Polietilentereftalato.

Generalmente, la materia prima es la peletizada es decir que es transformada en pellets lo que significa que se forma una especie de pequeñas pastillas de material siendo estas la materia prima a utilizar, algunas en su mayoría incluyen aditivos que ayudan al proceso de plastificación.

También se cuenta con otros elementos como pueden ser aditivos, de los cuales existen varios tipos entre ellos retardantes de flama, biodegradantes, colorantes, pigmentos, cargas, etc.

1.3 Tipos de husillo

El husillo no es más que el principal mecanismo de plastificación que utiliza el sistema también es comúnmente llamado tornillo debido a su forma. Se divide en tres etapas principales, alimentación, compresión y dosificación.

- Husillo convencional:

Este es un tipo de husillo destinado a procesos básicos o estándar en estos se deben incluir zonas de baja compresión, los cuales sirven para la eliminación de gases.

- Husillo de barrera:

Este otro tipo de husillo es muy similar la única diferencia es que posee doble hélice, la cual se utiliza para separar las porciones que se han plastificado de las que aún no, en la primera hélice se encuentra el material aún sin plástificar, mientras que en la segunda se encuentra el material ya plastificado, el área de la primera se va reduciendo a lo largo del husillo hasta que desaparece y se tiene únicamente material plastificado. Es utilizado en procesos donde se requieren altas velocidades de plastificación.

También existen otros tipos de husillos como los husillos dobles en sus diferentes combinaciones, todos ellos son destinados a procesos más complejos y específicos.

1.4 Configuración de temperaturas según tipo de husillos

- Husillo convencional:

Inicialmente la garganta del extrusor debe ser enfriada para crear una barrera térmica, la cual impedirá que el material que ingresa se plastifique o cree puentes que impidan que el material ingrese. Posteriormente se debe configurar cada una de las zonas del barril en incremento de temperaturas iniciando desde la zona más cercana a la tolva por ejemplo, iniciar la temperatura en 205 °C y continuando a lo largo de husillo en aumento de 5 °C, lo anterior debido a que en las etapas de plastificación mientras la materia va dejando su fase sólida va necesitando más temperatura.

- Husillo de barrera:

En este caso en particular debe tenerse especial cuidado de manejar este parámetro debido a que de manera inversa debe configurarse la temperatura tomando en cuenta que si el husillo posee cinco zonas de calefacción estas podrían ser disminuidas desde la garganta del husillo hasta la boquilla en 5 °C debido al funcionamiento del husillo que casi al final tiene casi todo el material plastificado y por eso se requiere una menor cantidad de calor, lo cual hace de esta configuración más eficiente. Por último, en la parte posterior al husillo las zonas de calefacción de los dados debieran ser configuradas a la misma temperatura que la anterior zona del husillo.

1.5 Descripción de equipos de enfriamiento

Existen gran variedad de equipos de enfriamiento para plásticos extruídos y en su mayoría difieren unos de otros en el tipo de material que enfrían así como también el tamaño de la sección a enfriar, en el caso de ser perfiles de sección pequeña se tienen los siguientes.

1.5.1 Enfriamiento de perfiles

Comúnmente son llamados perfiles todas aquellas secciones rígidas sin una parte hueca como lo serian las canaletas, perfiles en “U”, perfiles en “V”, perfiles en “T”, persianas, láminas, películas laminares, etc. Pero también las secciones huecas son perfiles, con la diferencia de que una sección sólida requiere de un mayor y pronunciado enfriamiento por que el material que esta en contacto con el agua es únicamente el de las caras externas, entonces el calor se acumula dentro de cuerpo del producto de manera que si el enfriamiento no se diseña correctamente el perfil tiende a perder su rectitud natural.

1.5.2 Enfriamiento de tubos

Un poco más sencillo, en cuanto a capacidad, es enfriar una sección tubular porque al poseer una pared más delgada existe más área en contacto para la transferencia de calor, en cuanto a sus paredes internas estas son enfriadas a menor escala por el aire que circula dentro de ella.

La parte complicada es mantener la forma del perfil sin que sus paredes colapsen y existen algunos métodos entre los mas utilizados esta la insuflación y el vacío.

2. TIPOS DE UNIDADES DE ENFRIAMIENTO

2.1 Unidades de enfriamiento para perfiles o sólidos

Las unidades de enfriamiento para perfiles pueden ser sólidas o con secciones huecas. Las secciones sólidas requieren de grandes volúmenes de fluido de enfriamiento que generalmente es agua, esto es debido a que la mayoría de perfiles son de paredes gruesas de sección en este caso se deben utilizar canales de enfriamiento o recámaras de enfriamiento a través de los cuales se hace circular un fluido ya sea agua u otro fluido para retirar calor del mismo y de esta manera devolver a su estado sólido el perfil (tomando en cuenta que algunas veces deberá hacer pasar el perfil a través de un horno de revenido para liberar las tensiones creadas en las paredes del perfil, que suceden por que lo primero en enfriarse son estas). Cuando es un perfil delgado como podría ser una película de muy poco espesor, resulta más funcional utilizar otro tipo de unidades de enfriamiento como podría ser una calandria u otro intercambiador. Cuando el perfil incluye una sección hueca debiera incluirse un mecanismo que logre sustentar esta sección para que sus paredes no colapsen.

Principalmente existen dos tipos de sistemas para mantener la forma de los perfiles que son tubulares, es posible que existan algunos otros medios para hacerlo, pero los descritos a continuación son los de mayor aplicación.

2.2 Unidades de enfriamiento para sección tubular por insuflación

Cuando se tiene una sección cuyas paredes tienden a colapsar debido a que se encuentran plastificadas, se debe utilizar algún mecanismo que permita que estas débiles paredes no colapsen; popularmente se conocen dos formas de lograrlo una de ellas es la insuflación que no es mas que regular una corriente de aire que infla las paredes del tubo extruído. El diámetro de la sección tubular está determinado principalmente por la velocidad de extrusión, la velocidad de halado y el flujo volumétrico del aire dentro de la sección tubular. Las unidades que utilizan este tipo de sistemas deben tener válvulas neumáticas y manómetros de capacidades congruentes, las cuales permitan regular el flujo del aire dentro del perfil, además de poseer una conexión en el orificio de entrada en el dado macho o núcleo del extrusor.

2.3 Unidades de enfriamiento para sección tubular por vacío

Otro de los mecanismo que se puede utilizar para evitar el colapso de los tubos extruídos es la implementación de un sistema de vacío, este sistema de vacío es posterior al proceso de extrusión, es decir, se extruye la sección y ésta es llevada inmediatamente a un canal cerrado dentro del cual existe una presión negativa o de vacío. El vacío mantiene las paredes de la sección en la posición tal como sale del extrusor en forma circular, esto debido a que la presión es constante en toda el área de la sección. Mientras mayor sea la presión de vacío dentro de la recámara la sección del perfil puede ser estirada para obtener un diámetro mayor que el extruído, además como la presión negativa es producida por una bomba centrífuga para aire.

La bomba centrífuga para aire es gobernada por un potenciómetro que hace variar sus revoluciones, lo cual tiene como resultado hacer variar la cantidad de aire que es retirado del sistema, consiguiendo así controlar la presión negativa, además de eso al regular esta presión también puede regularse el diámetro de la sección, por que si hay una cantidad mayor de vacío el diámetro aumenta.

Para los efectos de este trabajo interesa las particularidades de los equipos de enfriamiento que trabajan por vacío. Con el vacío la complejidad de los equipos se eleva un poco, ya que es necesario el estudio de más de sus componentes.

3. LA RECÁMARA DE VACÍO

3.1 Instrumentación

Es necesario contar con los instrumentos de medición periódica que nos van a permitir controlar cíclicamente los parámetros que son de vital importancia en esta etapa del proceso como lo es el dimensionamiento de los perfiles de sección hueca que utilizan el sistema de vacío.

3.1.1 Temperatura

La temperatura en el proceso de enfriamiento del plástico es crítica, ya que si ocurre un exceso de enfriamiento puede darse un choque térmico, el cual puede afectar las propiedades que se desea en el material. De acuerdo con lo anterior, se debería de contar con al menos un termómetro en cada una de las zonas de la recámara de vacío, esto con el fin de monitorear el agua que circula en ella, de manera que puede calcularse la cantidad de calor que es retirada del sistema por el intercambiador. Además permite saber si este último está funcionando apropiadamente. Por la naturaleza del proceso, el sistema de circulación del agua debido al calor generado por la bomba centrífuga y el calor retirado del material extruído tienden a calentar el agua, la cual debiera regularse como máximo a temperatura ambiente unos 20 °C dependiendo del proceso, siendo lo mínimo a 12 °C. Es crítico controlar la temperatura del agua para que no se produzca un choque térmico demasiado brusco.

El termómetro es recomendable que sea análogo graduado en Celsius con una escala de cero a 100 °C de modo que sea fácil observar cualquier variación. Deberá ser instalado de tal modo que pueda realizar una medición fiel del agua circundante, siendo recomendable a una altura 3/4 del nivel del agua de la recámara, que es la altura que coincide con el nivel del perfil sumergido. En la figura siguiente se puede observar la carátula de un termómetro de aguja con sus escalas, tanto en °C como en °F, ya que es de los más apropiados para el proceso.

Figura 1. Termómetro de aguja, escala en °C y °F



3.1.2 Presión negativa

En cada una de las partes de la recámara expuestas a presión negativa que debería instalarse un manómetro para presión negativa, este manómetro debe ser uno tipo burdon análogo con una escala de cero a -100 pulgadas de agua, este servirá para monitorear que la presión de succión se mantenga constante, y además como indicador que el sistema de vacío no tenga fugas en todo su circuito.

Estos manómetros son ajustables, mediante un tornillo que permite su calibración en cero debido a las variaciones en la presión atmosférica; además con un manómetro análogo se puede observar claramente si existe alguna irregularidad en la presión, ya que cualquier variación se observa en tiempo real y se puede detectar así una falla en el sistema que incurrirá en alguna imperfección de nuestro producto final.

Es recomendable instalar estos manómetros en la parte superior de las tapas de cada sección de la recámara, para protegerlos un poco de la humedad o que el líquido pueda llegar a ellos, además deberían ser resistentes a la humedad.

En algunos casos sería recomendable instalar uno de estos manómetros en el depósito cerrado, para monitorear la presión en este lugar, ya que en esta es donde se conecta la tubería de vacío de la bomba centrífuga y la tubería de la recámara. En las cubiertas debiera existir una llave para liberar el vacío.

En la siguiente figura puede observarse un manómetro con las especificaciones descritas anteriormente, utilizado precisamente en el sistema de vacío de una unidad de enfriamiento con vacío.

Figura 2. Manómetro con escala negativa (Escala en pulgadas de agua)



3.1.3 Revoluciones

El vacío puede ser controlado desde dos fuentes una es un escape graduable de vacío, pero sería más correcto nombrarlo como una entrada de aire regulable. La otra forma de controlar el vacío es a través de las revoluciones que da la bomba de vacío, para este debiera utilizarse un controlador digital, pero por cuestión de costos también se podría utilizar un controlador análogo que no es más que un potenciómetro que proporcione un número de vueltas considerable para graduarlo y que tenga también una escala para saber en cuanto se está configurando la bomba de vacío con respecto a las revoluciones, está podría estar instalada en el mismo panel que están ubicados los botones de encendido y apagado de las bombas de agua y vacío.

3.2 Componentes

La recámara de vacío cuenta con muchos componentes y algunos son específicos para cada producto, otros sencillamente no son útiles para algunos productos.

Los siguientes componentes son los que permiten el funcionamiento de la recámara en cuanto a producto se refiere, es decir que son funcionales y necesarios para la transición del material dentro del proceso de enfriamiento.

3.2.1 Recámara

La recámara es el componente que albergará todo el sistema de vacío.

La recámara de vacío debiera construirse de un material resistente a la corrosión como puede ser un acero inoxidable, y compatible eléctricamente con el aluminio y cobre de otros componentes instalados para prevenir la corrosión. Si se desea puede ser pintado únicamente por la parte de fuera, ya que por dentro el agua pudiera causar que la pintura se descascare y estas partículas pueden dañar el sistema de agua o de vacío. Generalmente se elaboran recámaras con varias secciones, pero principalmente debe contener tres partes fundamentales que son a) La recámara principal que es una sección pequeña lo suficiente para alojar los mecanismo de ingreso del plastificado, b) Una sección mas larga de enfriamiento, la cual es funcional para concluir el proceso de enfriar el material, luego de ser enfriada en la recámara principal, c) Por último, debiera de incluir una sección de secado, en la que se retire el exceso de agua que arrastra el material al atravesar las dos secciones anteriores.

Existen algunos aspectos que deben de ser tomados en cuenta en cuanto a cómo diseñar la recámara, a continuación se enumeran algunos de ellos:

- Debe construirse de un metal resistente a la corrosión.
- En la sección principal de la recámara se suele colocar unas ventanas circulares, las cuales se utilizan para monitorear la sección extruída luego de atravesar los anillos de enfriamiento, deben colocarse a ambos lados de la pared para que la luz permita ver dentro.
- Las secciones soldadas de la recámara deben estar bien acabadas y de tal modo que no tenga orificios, por los cuales pueda ingresar aire al sistema de vacío.

- La porción de la recámara utilizada para secar el producto debe estar abierta a la atmósfera, ya que en la mayoría de casos se utiliza aire a presión para el secado, este aire puede ingresar a la sección que se encuentra con presión negativa y provocar fluctuaciones indeseadas en el sistema de vacío y hacer variar las propiedades. Lo anterior obedece a que si ésta posee una cubierta el aire de secado no tiene por donde escapar y entonces en vez de ir a la atmósfera entra en el sistema de vacío.
- Toda la instrumentación que se instale en la recámara deberá estar libre de orificios que permitan el ingreso de aire.
- Las cubiertas de la recámara deben tener en toda su periferia algún tipo de empaque que impida que el aire entre a la recámara.
- La pared de la recámara deberá ser de un espesor tal que soporte la presión interna de vacío.
- Las tuberías internas de la recámara tampoco deben de permitir el ingreso de aire a la recámara.
- La capacidad de agua que puede alojar la recámara deberá ser inferior a la de los depósitos de agua.

Figura 3. Compartimientos de la recámara de vacío.



En la figura anterior, se puede observar una recámara de vacío construida de acero inoxidable y recubierta con pintura en su parte exterior, puede observarse sus diferentes compartimientos y sus tapas herméticas.

3.2.2 Sumideros

Estos son los conductos por medio de los cuales se fija el nivel del agua de rebalse, y están conectados al depósito del tanque con agua y vacío. Son tubos móviles, los cuales se deben fijar a una altura que sea suficiente para que el material extruído pase completamente sumergido en agua. Estos deben tener rejillas para impedir que la suciedad no llegue al depósito del agua, ya que puede dañar la bomba, estas rejillas deben ser lavadas a diario.

3.2.3 Rodamientos de nivel

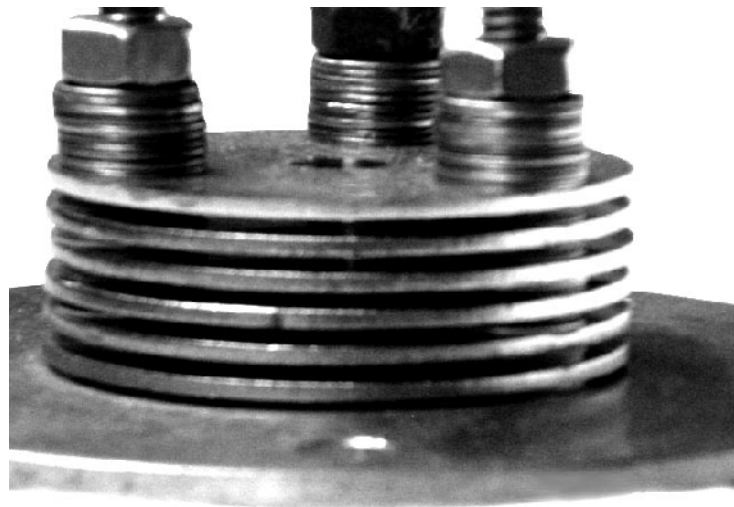
Este es el mecanismo que permite tener el perfil extruído completamente sumergido a una altura considerable. Una sección tubular es una sección con aire en su interior, por lo tanto, el aire al ser menos denso que el agua tiende a flotar por la fuerza de empuje, lo cual provoca que empuje el perfil a la superficie del agua. Los rodamientos de nivel no son más que pequeñas vigas circulares que impiden que la fuerza de empuje arrastre a la superficie el perfil. Los rodamientos de nivel deben tener mordazas que los sujeten y que permitan poder colocarlos a una altura variable. Tanto los rodamientos como sus mordazas deben fabricarse de algún acero inoxidable o algún polímero ya que son componentes sumergidos en agua.

3.2.4 Anillos de enfriamiento

Los anillos de enfriamiento dentro del proceso constituyen la parte más importante para dimensionar un tubo extruído, ya que de ellos depende en gran parte el diámetro final del extruído. Un anillo de enfriamiento no es más que un disco con un agujero en el centro y es funcional para delimitar el diámetro máximo de un producto tubular que se elaborará por medio del proceso de extrusión. La sección tubular extruída pasa a través de cada anillo el que delimita su diámetro externo impidiendo que éste se expanda más debido a la presión de vacío, es decir que limita el máximo diámetro que podrá tener el perfil.

En la siguiente figura se puede observar la disposición de los anillos de enfriamiento, su separación puede conseguirse empleando roldanas de diferentes grosores para conseguir así mayor o menor separación entre discos.

Figura 4. Anillos de enfriamiento o discos de enfriamiento.



3.2.5 Secador de productos

Cuando un producto sale de la recámara de vacío arrastra cierta cantidad de agua que queda adherida a sus paredes. El agua no es deseable en el proceso, por que puede provocar problemas de humedad en el material de empaque de producto final.

Para retirar el agua arrastrada por el perfil de extruido se pueden utilizar varios sistemas. Uno de los sistemas para secar el perfil es a través de aire a presión, el cual se inyecta en dirección contraria al flujo del perfil de modo que el aire crea una barrera contra el agua, la cual provoca que el agua se separe del perfil y caiga.

Para lograr lo anterior, puede emplearse un diseño que involucra un par de tubos de cobre dispuestos en forma circular con agujeros a lo largo del tubo cada tres centímetros, se hace pasar el perfil entre estos sistemas de tubos para secarlo, por los agujeros del tubo sale el aire creando una corriente que hace que las partículas de agua adheridas al perfil se suelten, secando de esta manera el perfil.

El sistema debe estar conectado a la tubería de aire de la instalación, pudiendo ser regulado el caudal de aire, mediante una llave de estrangulación que se instala antes del sistema, se puede así graduar el flujo de aire.

En la figura siguiente, se ilustra claramente en qué consiste este sistema de tubos de cobre para secar el perfil.

Figura 5. Sistema de tubos de cobre para secar el perfil.



También puede emplearse equipo específico para este fin, existen en el mercado accesorios para aire que funcionan para secar productos, los cuales están hechos para que el perfil pueda pasar por ellos y secarse.

Al final el agua retirada puede aprovecharse y regresarse al sistema mediante una captación que se localiza en el compartimiento de secado de la recámara, el cual se localiza al final de los compartimientos de la recámara en donde se ha instalado previamente un sumidero que se encuentra conectado al circuito de agua del tanque, de modo que la mayor parte del agua que se deposita al crear una contracorriente de aire se deposita en el fondo y es captada por el sumidero, la cual es incorporada nuevamente al circuito de agua, la otra porción del agua se dispersa en el ambiente.

3.3 Circuitos de agua y vacío

Entre los circuitos de Agua y vacío se puede hacer la analogía que es como el sistema circulatorio y que hace tanto la tarea de hacer circular el agua como también el aire de succión en diferentes tuberías como tuberías de aire, tuberías de agua y una combinación de ellas.

Como todo sistema de circulación debe conseguirse un ahorro de los recursos de modo que el circuito de circulación es un circuito cerrado, de tal forma que la cantidad de agua que se encuentra en circulación es una cantidad fija, la cual dependiendo de las dimensiones de los tanques, capacidad de bomba y volumen interno de la recámara, puede calcularse la capacidad de agua para considerar el volumen interno necesario.

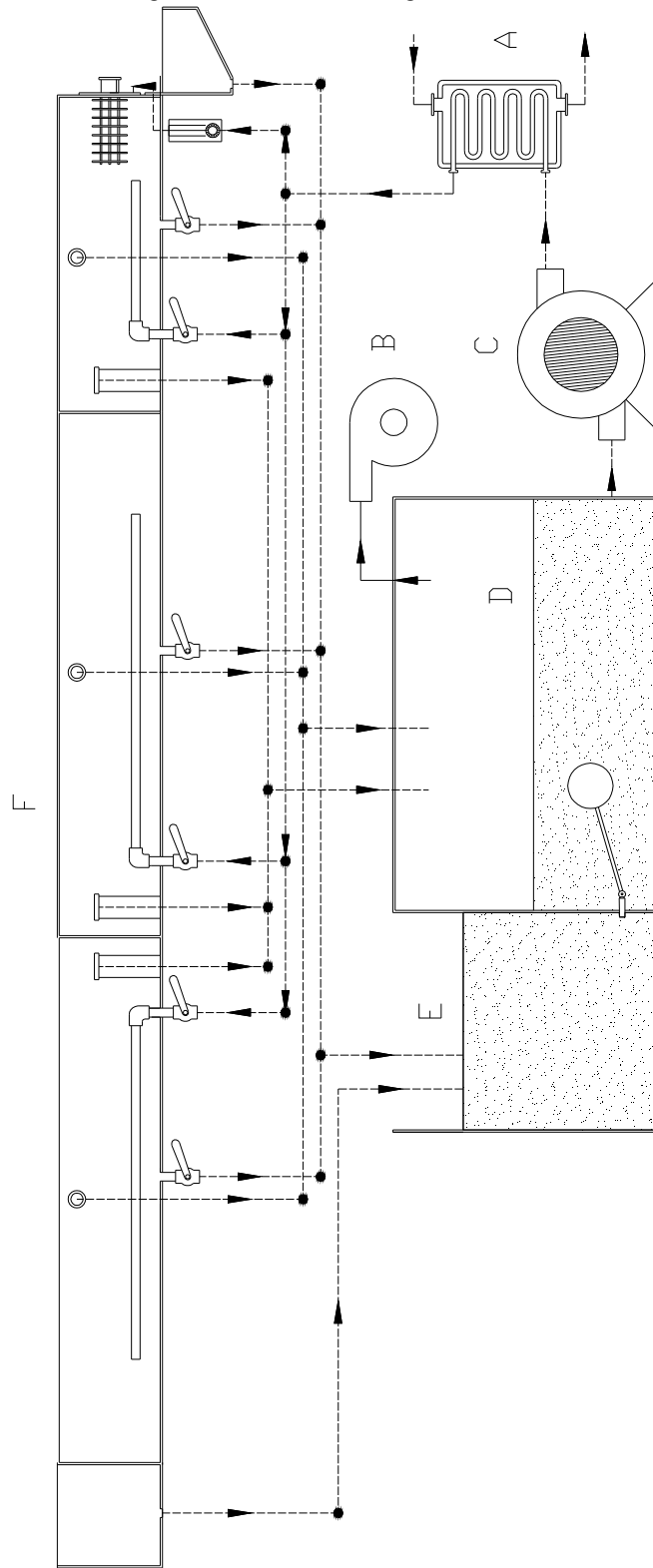
Para una unidad grande de tres compartimientos en la recámara su capacidad es alrededor de 30 galones.

La función principal del agua dentro de este circuito será la de absorber la energía en forma de calor que trae el perfil cuando sale del dado e ingresa a la recámara, de modo que se realiza una transferencia de calor entre plástico y agua, entonces el agua ganará calor y se hará circular a través del circuito hasta un tanque cerrado. Luego de este tanque cerrado el agua es bombeada hacia un intercambiador de calor, a través del cual circula también agua de chiller alrededor de unos 6 °C, luego el agua es llevada a la recámara.

En la zona de depósitos de agua y vacío tenemos dos depósitos un tanque abierto a la atmósfera y un tanque cerrado. El tanque abierto es el depósito a donde llega el agua de todos los sumideros que se encuentran en el fondo de la recámara. El tanque cerrado debe estar cerrado de tal forma que impida que el aire entre por que esto tendría como resultado una pérdida en la presión de succión; este tanque posee varias entradas, en la parte superior tiene una serie de tubos, los cuales traen agua de los sumideros de rebalse dentro de la recámara de vacío que forman parte del circuito de vacío que finalmente se une al de agua.

Cuando el agua del depósito del tanque cerrado se acaba, unas válvulas de nivel de flote dejan entrar agua del depósito abierto con dos finalidades, la primera es mantener en circulación el agua de los circuitos y la segunda es para que la bomba de agua siempre tenga agua que bombear y evitar que no se dañe. A continuación podemos observar un diagrama con los circuitos en discusión.

Figura 6. Circuitos de Agua Aire de la unidad.



- A) INTERCAMBIADOR CERRADO CON AGUA FRÍA.
- B) BOMBA DE SUCCIÓN DE VACÍO.
- C) BOMBA DE CIRCULACIÓN DE AGUA.
- D) TANQUE CERRADO.
- E) TANQUE ABIERTO A LA ATMÓSFERA.
- F) RECÁMARA DE VACÍO.

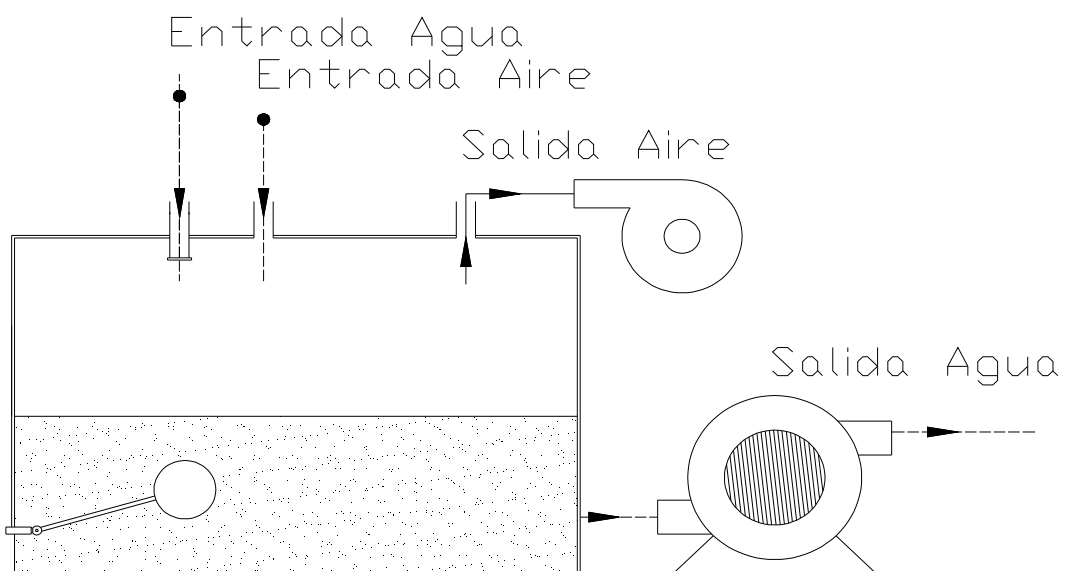
Describiendo brevemente el circuito para agua y aire anterior se puede iniciar partiendo del agua fría que sale de un intercambiador de calor cerrado, donde la presión que hace fluir esta agua está dada por la bomba centrífuga para agua que se encuentra instalada antes del intercambiador. Al salir esta agua fría, tal como sale del intercambiador es llevada por medio de unas tuberías hacia un tubo con una serie de agujeros dispuestos linealmente los cuales sirven para distribuir el agua uniformemente dentro de los compartimientos cerrados que tiene la recámara. Al salir de allí esta agua realiza la tarea de retirar calor del perfil extruído. El agua más caliente se almacena en la parte de arriba y es retirada de la recámara por medio del uso de sumideros de rebalse que están a una altura considerable dentro de la recámara, lo suficiente para mantener sumergido el perfil dentro de la recámara. Al entrar el agua a los sumideros de rebalse es llevada hasta el depósito cerrado, en el cual se almacena el agua y en la parte superior existe un volumen de aire, el cual está conectado a la bomba de succión de vacío que crea la presión negativa dentro del sistema. Dentro del depósito cerrado el agua se almacena para ser llevada a la bomba centrífuga para agua, que la hace circular a través del intercambiador cerrado antes mencionado, por medio del cual circula un flujo constante de agua fría, la cual sirve como sumidero de calor, para retirar el calor absorbido por el agua en los compartimientos de la recámara, y es allí donde empezamos en el lugar en el que termina este circuito de agua.

Cada compartimiento de la recámara posee un sumidero lateral en la parte superior de las paredes del compartimiento, pero es para aire. Los sumideros laterales para aire están a una altura por encima de los sumideros de rebalse y la razón es por que no se desea que ingrese agua este circuito, de manera que los sumideros de rebalse al estar a una altura menor impiden que el nivel de agua lo exceda y logre entrar en los sumideros laterales de aire.

Los sumideros anteriores están conectados a unas mangueras que van a dar al tanque cerrado y desembocan en este tanque sin prolongar su tubería más allá de la superficie del tanque. La razón por la cual se colocan de esta manera es por que al desembocar el agua en el tanque si está a rostro con el cielo del tanque puede desplazarse el agua por el cielo del tanque hacia la tubería de succión donde está conectada la bomba de vacío y al entrar agua se puede regar dentro de los circuitos y devanados internos de la bomba, de modo que las entradas de aire son las únicas que pueden estar a rostro con el cielo del tanque y las de agua deben extenderse un poco más para evitar humedad dentro de la bomba de vacío, ya que la humedad daña gradualmente la bomba y es una parte vital de la máquina, de modo que para evitar daños debe eliminarse la humedad.

En la figura 7 podemos observar una válvula de flote la cual no es solamente una sino dos. La razón de ser de estas es que cuando el agua disminuya dentro del tanque cerrado provocará que los flotes bajen y abran las válvulas, entonces el agua del tanque abierto entrará al cerrado, con el fin que en el tanque cerrado exista al menos agua suficiente para que la bomba de agua no trabaje en seco, porque de lo contrario es bastante probable que se dañe. La razón por la que el nivel de agua baja es porque la bomba trabaja a un caudal mayor que el de los sumideros, pero estos caudales pueden llegar a equilibrarse regulando el agua que entra a las recámaras.

Figura 7. Entradas y salidas de Agua Aire del tanque cerrado.



En el fondo de todos los compartimientos de la recámara existen sumideros que desembocan en el tanque cerrado. Los compartimientos con tapa tienen llaves de paso en estos sumideros los cuales permanecen cerrados y se abren únicamente cuando se desea vaciar la recámara.

Existe una derivación que va a dar a un medidor de flujo volumétrico, que es el que proporcionará al agua de apoyo en la entrada, el caudal de agua requerido para poder hacer pasar el perfil extruído por la unidad de vacío. Regularmente no se requiere un caudal mayor de 30 galones por hora, en este lugar.

Observaciones de los circuitos:

- Las tuberías de los tanques deben tener una sección flexible que permita los movimientos de ubicación de la recámara.
- El tanque abierto suele rebalsarse de modo que es necesario instalar si los medios existen, un drenaje en una salida de rebalse.
- Los sumideros de rebalse deben llevar cedazo fino no mayor de 2 mm. para impedir que ingrese basura al tanque cerrado.
- En los sumideros laterales suele colocarse unos codos hacia arriba casi a tope con la tapa del compartimiento para que el agua no pueda llegar hasta ese lugar.
- Para evitar corrosión en la tubería debiera estar recubierta con pintura anticorrosiva.
- Tomar en cuenta que debe conectarse correctamente las tuberías en el intercambiador de calor para aprovechar un mejor rendimiento.

3.4 Equipo auxiliar

En muchas ocasiones es necesario que el agua que circula por el intercambiador de calor no sea tan fría. Cuando se provoca un choque térmico con los productos plásticos extruídos en gran parte pueden producirse defectos y deformaciones, por esta razón no deben tomarse temperaturas contrastantes debido a que un cambio fuerte de temperatura puede provocar la pérdida de calor de el perfil. Por ejemplo tomemos que nuestro perfil es una pajilla la cual luego de ser extruída debe ser cortada por medio de un volante con cuchilla el cual girara a unas 500 RPM y tiene una muy baja temperatura, es bastante probable que los bordes de la pajilla se rajen ya que estarán demasiado rígidas.

Si son regidas también serán quebradizas, y además se incluirán esfuerzos internos por el enfriamiento brusco lo cual provocara que el perfil se tuerza luego de ser almacenado.

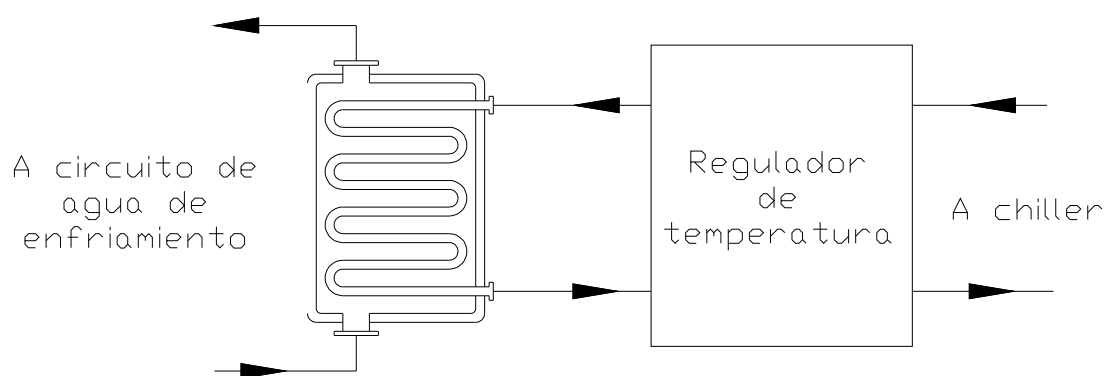
Lo recomendable en este caso seria colocar un regulador térmico luego de la conexión de chiller, de modo que pueda graduarse la temperatura de trabajo, en un rango adecuado, porque es dependiendo del producto que debe extruirse que se escoge la temperatura, de modo que sí se tiene un perfil bastante pesado es decir que posee bastante material este debiera tener una capacidad de recoger suficiente calor por lo que será necesario agua mas fría dentro del circuito.

La cantidad de calor adecuada al proceso debe ser evaluada por las curvas de comportamiento del polímero con la presencia de calor de modo que debe comprarse un equipo regulador de calor adecuado al proceso, en caso de que se requiera adecuar el agua.

En otro tipo de procesos y con polímeros que toleren cambios bruscos de temperatura sin provocar tensiones internas que perjudiquen considerablemente sus dimensiones puede utilizarse agua directamente de chiller de modo que no es necesaria la utilización de equipo auxiliar.

En la siguiente figura podemos apreciar el lugar adecuado en el cual se debe instalar el equipo de regulación de temperatura.

Figura 8. Ubicación para instalar equipo Auxiliar de Control de Temperatura.



4. INGRESO DE PLASTIFICADOS A LA RECÁMARA

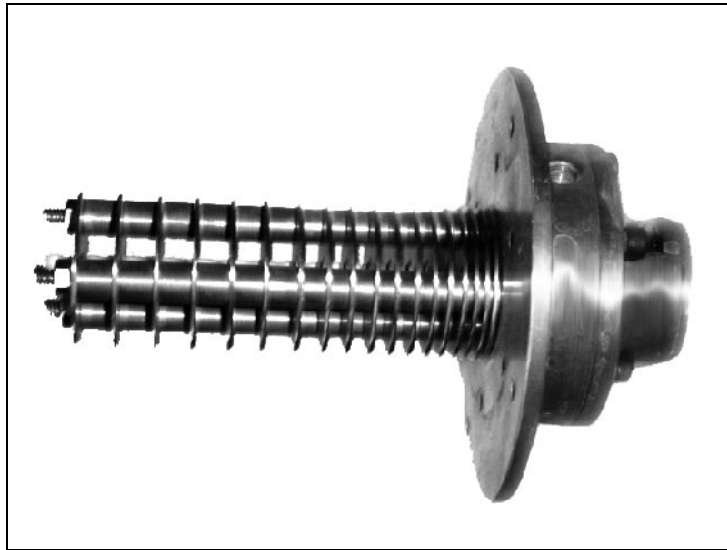
4.1 Anillos de enfriamiento

Las dimensiones de cada anillo que son críticas para el proceso son el diámetro del orificio y el espesor de disco, el espesor debe ser tal que no provoque la suficiente fricción para que la tira de perfil se rompa, su valor estimado debiera ser entre 0.5 a 1 mm de espesor; En cuanto a su diámetro depende exclusivamente de la sección tubular a extruir esta debiera ser al menos entre 15% a 25% mas grande que el diámetro externo de la sección tubular a extruir lo cual permite que exista una película de agua entre todo el contorno de la sección tubular y el anillo de enfriamiento; Las dimensiones del diámetro externo de los anillos no son críticas pero debieran ser de un tamaño tal que impidan que la turbulencia del agua llegue a la sección extruída que por lo regular se tiende a utilizar un diámetro de 4 veces el diámetro del orificio, este diámetro deberá ser lo suficientemente grande como para poder alojar los ejes que mantienen alineados todos los anillos con la entrada de plastificado.

Los materiales para su manufactura de igual manera deben ser resistentes a la corrosión por que al igual que el resto de componentes, están sumergidos en agua, pero más crítico que el material con el cual es manufacturado, es la forma en que están alineados ya que mantenerlos alineados es importante para que el producto final sea un perfil recto.

Nótese en la figura siguiente que los pines que sujetan los discos están perfectamente alineados para mantener paralelos y concéntricos cada uno de los discos.

Figura 9. Entrada y Anillos de enfriamiento (Diseño Alemán)



4.1.1 Manufactura de anillos de enfriamiento

Primeramente podemos establecer que los anillos de enfriamiento deben estar contruidos de una material tal que el agua no sea una causa de corrosión en las piezas, y que además cada una de ellas sea compatible eléctricamente con el resto de materiales que lo componen.

Es recomendable la utilización de un acero inoxidable ya que se requiere alta dureza debido al desgaste que sufre el metal ante el constante paso de perfil.

En algunas piezas que han sido utilizadas se puede observar el desgaste en la parte interior del disco que es de donde se observa que ya no es completamente circular sino que es ovalada debido al desgaste provocado por la fricción del plastificado y el metal; Que si bien es cierto que el metal posee una mayor dureza que el perfil, debe tomarse en cuenta que el perfil pasara por esta sección una única vez mientras que el disco se encuentra en constante roce con el perfil extruído y sufre desgaste constante por lo que no se recomienda la utilización de materiales de baja dureza.

Como puede apreciarse en la figura 9 cada disco se encuentra sostenido por 3 pilotes o vástagos los cuales sirven para mantener paralelos los discos y además también para mantenerlos concéntricos a un nivel de referencia perpendicular, por lo que se recomienda hacer el agujero del centro de cada disco de un diámetro inferior al diámetro final; Lo anterior con el propósito de hacer una rectificación, taladrado y un maquinado con la pieza armada finalmente para que los discos queden alineados concéntricamente en un eje perpendicular a su centro.

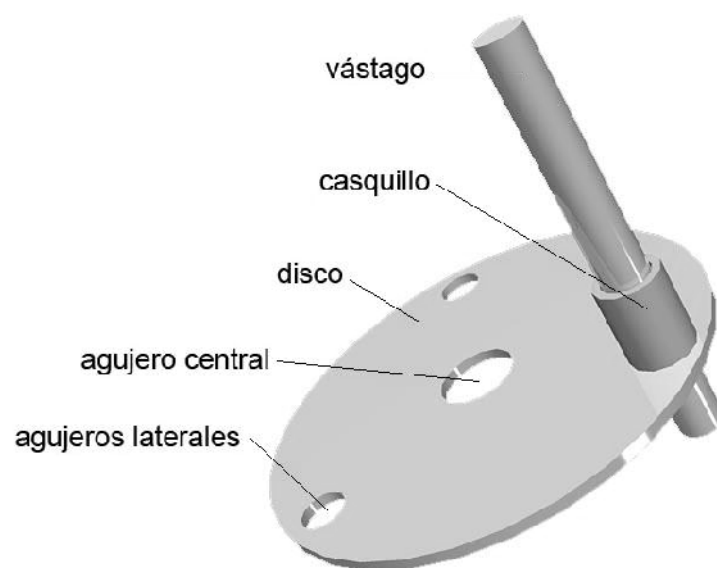
Mientras mayor es el diámetro del tubo a extruir mayor debe ser el número de discos y por ende mayor la longitud del embudo de entrada.

4.1.2 Dimensiones de espacio entre anillos de enfriamiento

Los vástagos que sostienen los discos son de diámetro un poco menor que los agujeros laterales de los discos. La separación entre un disco y otro se hace a través de unos casquillos que van insertados entre el vástago.

Los casquillos son secciones tubulares cuyo diámetro interno es poco mayor que el diámetro del vástago pero su diámetro externo es mayor al diámetro de los agujeros laterales del disco.

Figura 10. Detalle de partes que componen la sustentación de los discos



Como podemos ver en la figura anterior, la altura del casquillo es la que determina la distancia entre un disco y otro, razón por la cual los tres casquillos que separan un disco de otro deben ser del mismo tamaño adicional a ello debe de casar tanto el vástago con el casquillo y el disco de modo que no exista un juego entre ellos.

Para obtener un mejor resultado en el dimensionamiento del perfil extruído debe tomarse en cuenta que los agujeros centrales deben de estar alineados de tal modo que se reduzca la fricción entre el perfil y los discos.

Si no se hace de esta manera cuando los discos están desalineados pueden provocar que el perfil deje de ser recto y se curve aleatoriamente.

La función de los discos es ir proporcionando enfriamiento gradualmente al perfil además de darle una constancia a su dimensionamiento, también es una barrera para reducir los efectos de la turbulencia debida a los efectos de la circulación de agua; De modo que para lograr que el agua entre en contacto con el perfil gradualmente, la distancia entre los discos debe seguir un patrón, es decir que al inicio debe tener poca distancia entre ellos y al final una gran distancia entre ellos hasta que se ha conseguido que el dimensionamiento del perfil sea estable y ya no sea necesaria la utilización de discos.

Un patrón podría ser establecer que los primeros tres discos estén separados una distancia de 1.5 mm y luego los siguientes cinco por una distancia de 4 mm y los siguientes cinco por una distancia de 6 mm y los últimos 3 por una distancia de 10 mm, iniciando el conteo de discos desde la platina en donde está el orificio de entrada.

4.2 Orificio de entrada

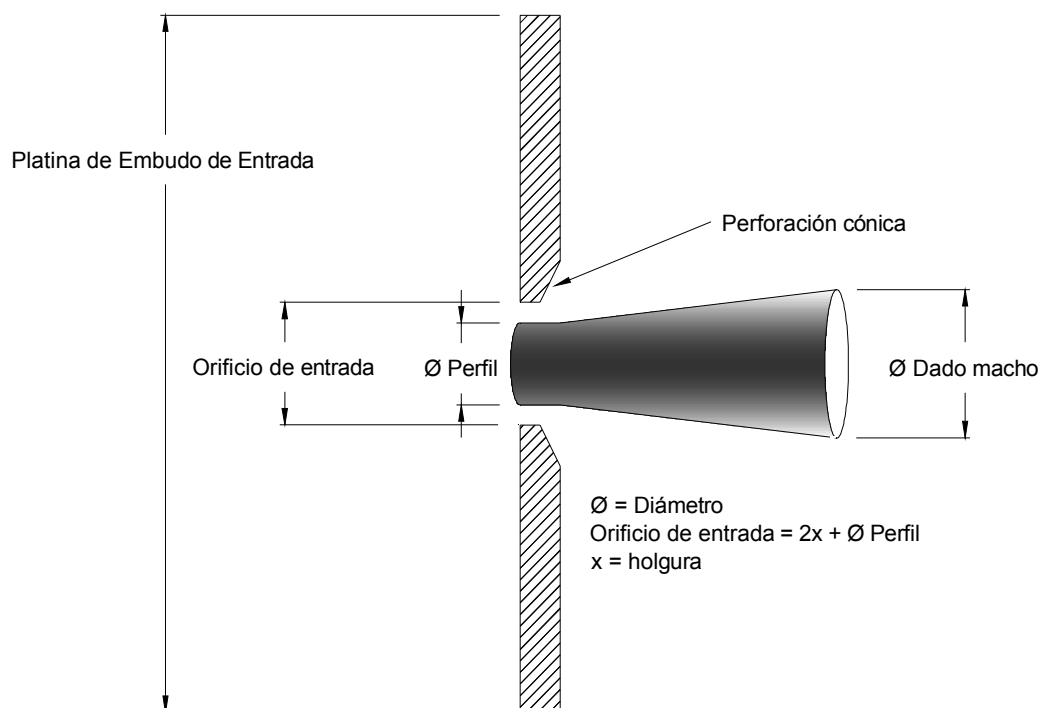
Un papel muy importante para el dimensionamiento del perfil es el orificio de entrada del embudo o entrada de la recámara de vacío, ya que es el primer contacto con el perfil.

El orificio de entrada se localiza sobre la platina del embudo de entrada de la recámara, para su manufactura debe tenerse el cuidado de hacerlo con el dimensionamiento correcto para el cual será destinado, ya que si es de un diámetro dado, entonces debiera hacerse un poco más grande este orificio.

Los bordes internos del orificio deben de ser redondos para evitar los esfuerzos de cizalla con el perfil de modo que sea más fácil su ingreso y se reduzca la fricción.

Dentro del orificio de entrada puede hacerse una perforación cónica para reducirla paulatinamente, tal y como puede verse en el agujero central de la figura 11.

Figura 11. Perfil del embudo de entrada hacia la recámara



Puede observarse también en la figura anterior una porción en el agujero que es su holgura, la holgura de esta sección estará compuesta por agua que funcionara como lubricante y facilitar que ingrese el perfil a la recámara.

Iniciando el proceso de enfriamiento, esta holgura denominada x debiera estar en un rango de 0.3 a 1.8 mm de este modo se evita que el agua se fugue y que se escape la presión de vacío es decir que entre aire a la recámara. Si la holgura es demasiado grande provoca que demasiada agua del anillo de enfriamiento entre a la recámara y esta alta corriente provocaría una turbulencia que afectaría sin duda la uniformidad en el perfil. Por el contrario si el agujero es demasiado justo que no exista una holgura, la versatilidad del dimensionamiento por vacío se perdería ya que no tendría cabida un incremento en el diámetro del perfil.

4.3 Anillo de agua

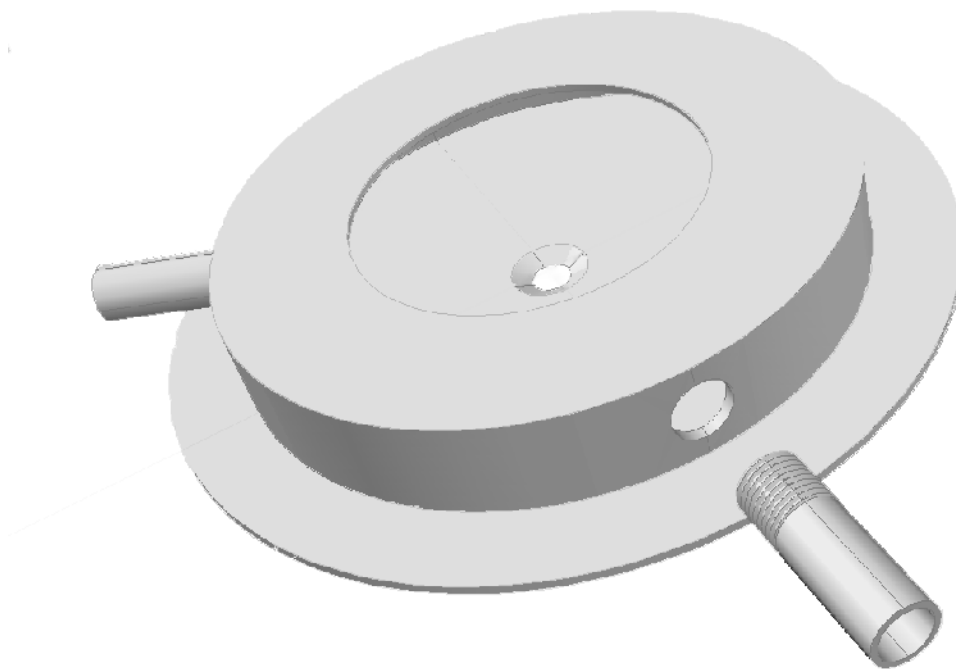
Generalmente el orificio de entrada a pesar de que rodea completamente al agua que rodea al perfil, permite que el aire se introduzca en pequeñas cantidades a la recámara y estas partículas de aire implotan dentro de la recámara y dentro del perfil lo cual causa algunas imperfecciones dentro de ella por ello se ideó la forma de conseguir una mejor forma de recibir al perfil. La mejor forma de recibir al perfil es húmedo, de modo que debe buscarse la forma de humedecer al perfil antes de que ingrese a la recámara de esta forma al arrastrar el material hacia adentro no arrastrará el aire que hay en su periferia si no que arrastrará el agua que tiene en su periferia y de este modo no causara problemas o defectos en la plastificación del perfil por partículas de agua, de modo que debemos lograr que cuando este dentro de la recámara lo único que ingrese a ella sea agua, y lo podemos conseguir a través de varias formas.

Una de las formas es colocar una esponja humedecida alrededor del perfil antes de que ingrese a la recámara, pero debemos tomar en cuenta que la esponja debiera de estar completamente empapada de agua para que no deje arrastrar el aire del ambiente.

Para sostener esta esponja se puede utilizar un albergué para ella, como se aprecia en la figura número 12, debe usarse un circuito para abastecer a la esponja con agua por el constante arrastre de agua hacia adentro, de modo que esta agua pueda proporcionarse y dosificarse. En muchas ocasiones cuando la sección del perfil sobrepasa los 8 mm de diámetro es bastante conveniente colocar un bebedero que se sirva para mantener completa la humedad el perfil, el agujero del bebedero debiera ser tomando en cuenta las mismas condiciones que el agujero de la platina y del mismo modo tomar en cuenta esto para las dimensiones del agujero de la esponja. Para humedecer la esponja basta con hacerlo desde tres puntos diferentes en su periferia.

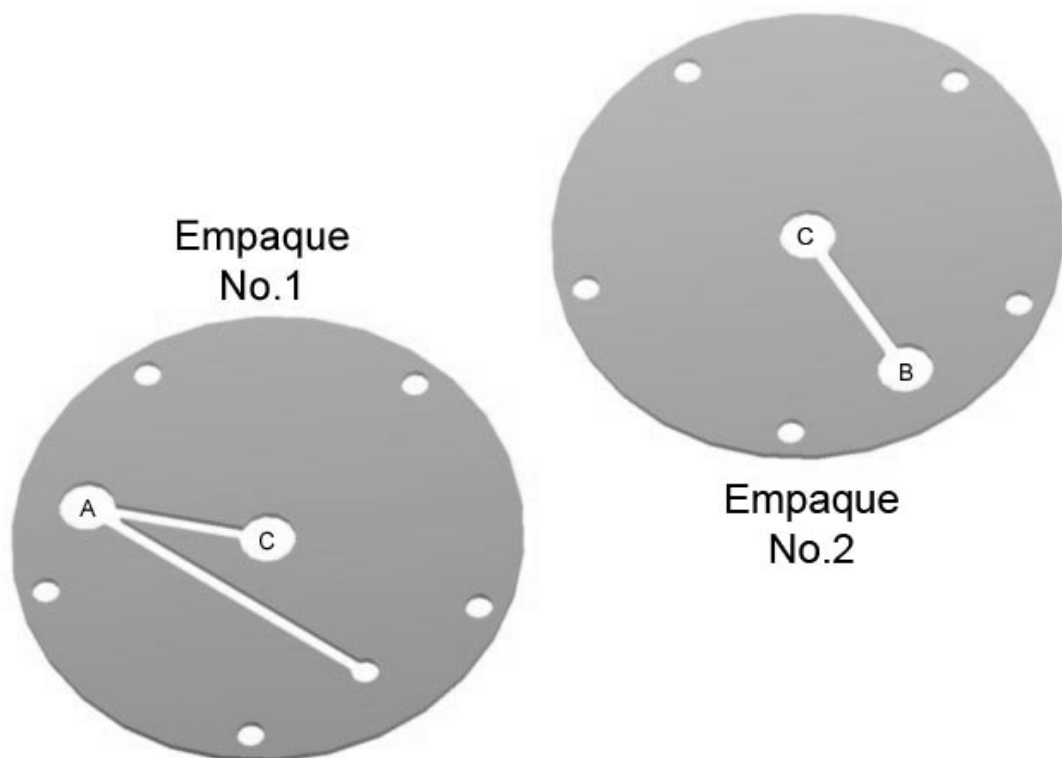
En la figura 12 podemos observar una entrada para la recámara que incorpora un albergue para la esponja.

Figura 12. Embudo de entrada hacia la recámara



Otra de las formas es hacer un canal de alimentación de agua dentro del orificio de entrada en la platina utilizando empaques de hule para los canales. Esto obliga a que la holgura sea mínima. Tiene como ventaja que es más sencillo y requiere de menos mantenimiento y desgaste que la esponja pero su desventaja es que es menos versátil para obtener un rango más grande de diámetros de perfil, y por esta razón deberán de tenerse tantos embudos de entrada para la recámara como diámetros diferentes de perfil se deseen obtener. Como es más sencillo y el anillo de enfriamiento es menor debido a la holgura, es necesaria una menor cantidad de agua y basta con alimentarlo y regularlo desde un único punto, que preferentemente sea desde arriba para lograr una uniformidad más perfecta de agua por los efectos de gravedad.

Figura 13. Empaques para anillo de agua de Canal



En la figura anterior podemos observar la forma de manufactura de los empaques de hule para el anillo de agua de canal. Para este propósito se puede partir de un hule de 1/16 de pulgada y luego se hacen dos basados en la figura anterior, estos empaques se montan el No.1 sobre el No.2, y se tiene uno solo. Su funcionamiento es simple, el agua ingresa desde el punto "A" y se dirige por el canal hacia a el punto "B" y hacia "C" simultáneamente, en el punto "B" se hace circular hacia "C", de modo que el anillo de agua se forma por el flujo de agua que hay desde dos puntos, Arriba y abajo desde "A" y "B" respectivamente hacia el punto "C" que es el lugar por donde circulara el agua y donde se necesita el anillo de agua.

4.4 Conexiones de agua

En la parte anterior vimos algunos de los sistemas de lo cuales podemos valernos para conseguir que en las periferias del perfil se encuentre únicamente agua y no se arrastre aire dentro de la recámara.

Como se discutió anteriormente el agua es arrastrada hacia dentro de la recámara, sea cualquiera de las dos alternativas para conseguirlo, de modo que el agua que es arrastrada debe reponerse para que cumpla con su cometido, para ello debemos idear unos circuitos para que mantengan el agua, ya sea la esponja o el canal.

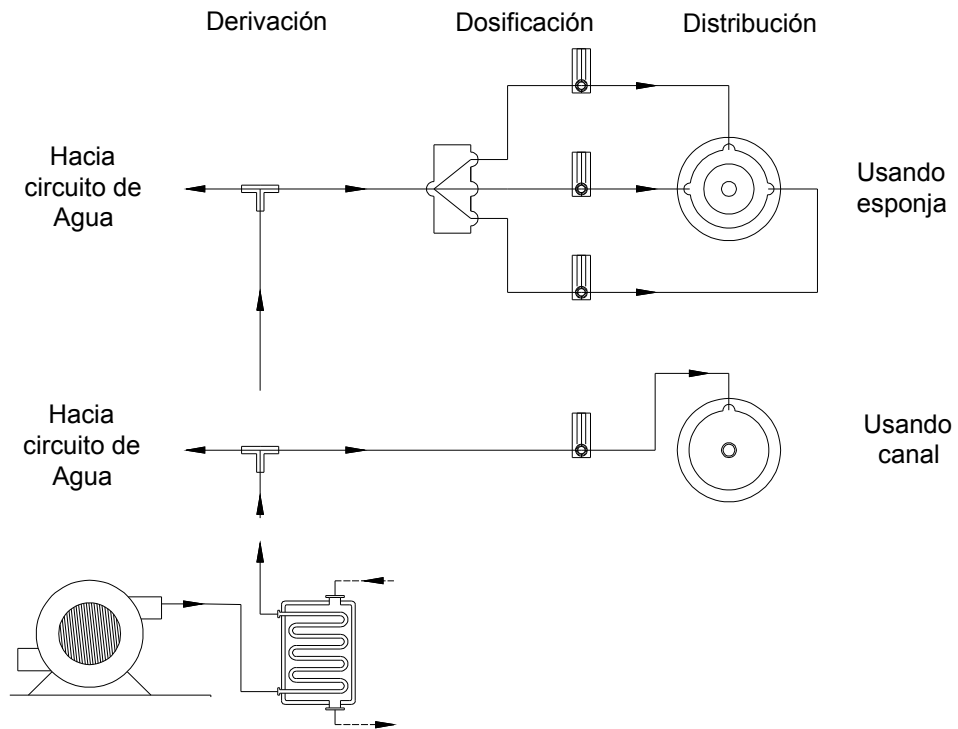
Debido a que el agua debe ser distribuida y dosificada, se proponen los circuitos divididos en tres partes, que son: la derivación, regulación o dosificación y la distribución.

La derivación, es la fuente de agua de la cual vamos a obtener el agua necesaria para alimentar al anillo de agua. Debe tomarse en cuenta que se estará ingresando agua constantemente a la recámara de modo que esta agua debe ser sacada del circuito de agua que se encuentra en constante recirculación, de otro modo los tanques de agua de la recámara se llenarían porque sería una fuente adicional del agua. También debe tomarse en cuenta que la derivación debe hacerse de un lugar en el cual el intercambiador de calor ya le halla retirado el calor al agua de otro modo estaríamos ingresando agua tibia al sistema. Otro factor a tomar en cuenta debe ser que se debe sacar la derivación de un lugar con presión positiva, de modo que el lugar apto para sacar la derivación debe ser después del motor y después del intercambiador, con esto se logra mantener las condiciones anteriores necesarias.

La regulación, es la medida en la que vamos a controlar el flujo del agua que ingresara o que servirá como anillo de enfriamiento. Si el agua es insuficiente el aire estará en la posibilidad de entrar y si por el contrario el caudal de agua es demasiado provocará alta turbulencia en la entrada y además como la entrada no tiene la capacidad de arrastrar tanta agua, el agua se desbordará y saldrá del circuito y este déficit de agua en el circuito acarrea un sin numero de problemas asociados. De modo que debemos valernos de llaves de globo, de paso o en el mejor de los casos de rotámetros o reguladores de flujo volumétrico.

La distribución, luego de regulado el flujo del agua es necesario hacer que el agua se concentre uniformemente dentro del anillo de modo que las salidas de agua que dan origen al anillo le den la facultad de ser uniforme es decir que no toda el agua se concentre en un solo punto.

Figura 14. Conexiones de agua de embudos



En la figura anterior podemos observar las etapas anteriormente mencionadas y también es posible ver las dos opciones propuestas para humedecer el perfil antes de que ingrese a la recámara.

5. MATERIALES PARA LA FABRICACIÓN DE SUS COMPONENTES

La importancia que tienen los materiales con los que se fabricaran los componentes de la recámara es bastante significativa, porque intervienen parámetros que son susceptibles de ser considerados, entre ellos la durabilidad, la inocuidad, el ruido, partículas de desgaste inmersas en el sistema y finalmente por diseños de tribología y sus propiedades físicas.

5.1 Recámara

La recámara tiene varias partes pero de entre las más robustas están las paredes y su chasis; entre sus paredes se toma en cuenta las paredes de los tanques tanto en el cerrado como el abierto, también las paredes de sus compartimientos, la bandeja para recoger fluidos y el compartimiento donde va el secador de productos.

Las paredes deben de ser construidas de un material que sin necesidad de recubrimientos sea resistente a la oxidación por el inevitable contacto con fluidos que en este caso es agua, también es importante destacar que si se hace un recubrimiento en la parte interna de las paredes de la recámara, este recubrimiento podría desprenderse y causar serios daños en alguna de las bombas de vacío o en las bombas de recirculación de agua.

Aunque las paredes pueden ser realizadas de algún acrílico no es recomendable, pues suelen incrustarse por la dureza del agua, lo más recomendable para las paredes es utilizar planchas de acero inoxidable de un espesor alrededor de 1/8 de pulgada, siempre asegurándose de hacer un cordón de soldadura de tal modo que no tenga imperfecciones que pudieran repercutir en fugas o superficies ásperas. También es necesario tener superficies pulidas, para evitar que puedan albergar algún tipo de impureza o microorganismo, la parte de afuera de las paredes puede ser pintada con pintura anticorrosiva de alta calidad, para mejorar el aspecto visual, preferentemente de un color claro para poder evidenciar un mantenimiento de limpieza. El chasis del equipo generalmente viene fabricado de acero inoxidable combinando espesores de 1/8 y 1/4 de pulgada en sus zonas, de igual modo puede ser pintado en combinación con las paredes de la recámara.

La bandeja de destilación se localiza por debajo de la entrada o embudo, de igual modo es de acero inoxidable aunque se puede sustituir por policarbonato y esta no necesita una cubierta.

El compartimiento de secado se toma como parte de los compartimientos de la recámara y es fabricado de igual modo que las paredes, y no es necesario que tenga una cubierta.

Las ventanas de cada compartimiento son generalmente de vidrio pero pueden ser de policarbonato o acrílicos, sostenidos por tornillos en su periferia y sellados con sus respectivos empaques de modo que no pueda escapar ni agua ni presión de vacío, estas ventanas deben tener un diámetro mínimo de 10 centímetros, ya que es necesario que pueda verse el nivel de agua de la recámara y ver de forma paralela el paso del perfil dentro de la recámara.

Tomar en consideración que las ventanas de la recámara deben de instalarse en pares una frente a la otra para poder ver dentro de ella, para que por una ventana entre la luz y por otra se observe, utilizando la luz del ambiente, de otro modo sería necesaria alguna fuente de luz externa, o un iluminado propio de la máquina que resultaría más complejo.

5.2 Sumideros

Existen dos tipos de sumideros, los sumideros de rebalse y los de drenaje, ambos sumideros pueden estar fabricados del mismo material, en la mayoría de los casos son fabricados de PVC, y son accesorios de plomería que pueden ser adquiridos en cualquier parte, pueden utilizarse tipo estándar en diámetros alrededor de dos pulgadas al igual que el resto de su tubería. De este modo los sumideros de rebalse son extensiones de los sumideros y están roscados en la base de la recámara y poseen la facultada de ser graduables en cuanto a la altura de rebalse.

Para la prevención de partículas de suciedad en la bomba de recirculación o en los tanques de agua, es conveniente colocar una barrera para impurezas con un MESH adecuado el cual evita que estas partículas de suciedad u otras circulen hacia otros lugares, el calibre debe ser adecuado de tal modo que deje pasar el agua y no deje pasar partículas mayores de 3 milímetros, como lo puede ser un tornillo o un residuo de polímetro, por lo que se debe buscar un calibre adecuado, según Tabla I puede ser adecuado un calibre de 21 a 26 para que el agua pueda circular.

Tabla I. Tabla de medidas en MESH

TABLA DE MEDIDAS EN MESH					
MESH	CALIBRE	DIAMETRO	ABERTURA		ANCHO
		mm	mm	%	mt.
2 x 2	16	1.6	11.1	76.4	1 - 1.3
3 x 3	16	1.6	6.86	65.6	1
4 x 4 R	16	1.6	4.75	56	1 - 1.3
4 x 4	18	1.22	5.16	65.1	1 - 1.3
5 x 5	20	0.89	4.18	68.1	1 - 1.3
6 x 6 R	18	1.22	3.05	51.8	1 - 1.3
6 x 6	20	0.89	3.35	62.7	1.22
8 x 8	21	0.81	2.36	55.4	1 - 1.3
10 x 10 R	21	0.81	1.73	46.2	1
10 x 10	23	0.63	1.95	56.3	1 - 1.3
12 x 12	24	0.56	1.55	51.8	1 - 1.3
14 x 14	25	0.5	1.3	51	1 - 1.3
16 x 16	26	0.46	1.13	50.7	1 - 1.3
18 x 18	26	0.46	0.96	45.9	1 - 1.3
20 x 20	27	0.41	0.86	46.2	1 - 1.3 - 1.52
24 x 24	28	0.35	0.7	45.8	1 - 1.05 - 1.3
30 x 30	30	0.3	0.54	40.8	1 - 1.3
35 x 35	32	0.25	0.47	42.4	1.3
40 x 40	32	0.25	0.38	36	1 - 1.3 - 1.52
50 x 50	33	0.23	0.279	30.3	1 - 1.3 - 1.52
60 x 60	34	0.18	0.229	33.9	1 - 1.3 - 1.52
65 x 65	34	0.18	0.201	26.4	1.3 - 1.52
80 x 80	39	0.13	0.18	31.4	1 - 1.3
100 x 100	41	0.11	0.14	30.3	0.91-1-1.22-1.3-1.52
120 x 120	43	0.09	0.12	30.3	1 - 1.22 - 1.3
150 x 150	45	0.066	0.104	37.8	1 - 1.3 - 1.52
165 x 165	47	0.053	0.102	41	1.22
180 x 180	47	0.053	0.089	40.7	1.22
200 x 200	47	0.053	0.074	33.6	1.22 - 1.3

Fuente: <http://www.mpmsacv.com.mx/mallamet.htm>

5.3 Rodamientos de nivel

Los rodamientos de nivel son guías cuyo propósito es mantener el perfil por debajo del agua. Por lo anterior podemos inferir que son piezas que estarán siempre sumergidas y de igual modo deben ser de un material inoxidable ya sea algún polímero o acero o cerámicos, lo común es que sea de acero inoxidable de alta dureza; Funcionaría perfectamente bien un acero austenítico 316, ya que sufre desgaste por el paso constante y rozamiento del perfil.

Todos deben ser fabricados del mismo material y de iguales dimensiones, es recomendable hacer dos por cada compartimiento, o colocar uno cada 2 pies, para que el perfil no se curve.

Después del paso de varios meses o años de uso de estas piezas, se deben revisar para analizar el desgaste que han sufrido, este desgaste varía de acuerdo con las propiedades físicas del perfil que se ha extruído y de las condiciones de la atmósfera del enfriamiento.

En otras ocasiones puede utilizarse unas poleas de un material polimérico como los podría ser el ABS, estas poleas evitan que el perfil se desplace hacia las paredes de los compartimientos y la ubica en el centro de los compartimientos y reduce la fricción por que están libres para girar y al mismo tiempo que giran, pasa el perfil, la tracción de giro de la polea es originada por la componente de fricción del paso del perfil.

5.4 Anillos de enfriamiento

Como se puede inferir de los capítulos anteriores que describen las partes de los componentes que integran el ingreso de plastificados a la recámara están sumergidos, de igual modo los anillos de enfriamiento estarán perpetuamente sumergidos en agua.

Los anillos de enfriamiento pueden ser fabricados de un acero inoxidable de casi cualquier tipo únicamente tomando en cuenta que se utilizara para producir un perfil con fines alimenticios o médicos como lo pueden ser la pajillas o manguera para suero, es necesario que la aleación del acero con que se fabricarán los anillos de enfriamiento no tenga aleantes tóxicos como el plomo u otros, y esto aplica a todo el material que tendrá contacto con el agua y el producto a extruir. Otro factor que se debe tomar en cuenta es que para evitar un pronto desgaste de los orificios, el metal debe tener una dureza adecuada.

Para los casquillos de igual modo debe ser un metal compatible eléctricamente con el resto de materiales para evitar su corrosión y debe ser inoxidable, puede ser un acero inoxidable o un polímero (PC, ABS, etc.) de alta dureza, estos por lo general son de metal, mas sin embargo no es necesario porque no están expuestos a fricción sino que únicamente a esfuerzos de compresión, pero si es importante e indispensable que todos los casquillos sean del mismo material, de otro modo los anillos de enfriamiento pueden dejar de estar paralelos.

El vástago no es más que una barra roscada, que puede tener rosca en toda su longitud o únicamente en los extremos. Lo importante es que resista la corrosión del medio, puede ser de acero inoxidable.

El paso de la rosca debe soportar tracción, sus tuercas deben de ser apropiadas para la sujeción de todos los discos de enfriamiento y los vástagos.

5.5 Cubiertas

Para las cubiertas es aun más sencillo porque no es necesario que sean de acero inoxidable, basta que sean de un material que no se oxide, pueden ser de vidrio, policarbonato, acrílico, acero inoxidable u otro.

Es muy importante tomar en consideración que el material que se va a utilizar sea capaz de mantenerse rígido porque de lo contrario puede hacer que el aire entre dentro de la recámara por su curvatura ya que no se tiene un sello completo en sus bordes. De modo que si se utilizaran polímeros para las cubiertas estas debieran ser de un espesor de 1/2 pulgada, para que no se curven. La ventaja de hacer cubiertas de polímeros es que en su mayoría estos son translucidos y se puede observar perfectamente bien cualquier irregularidad dentro de las recámara como lo puede ser turbulencia del agua que recircula, suciedad del agua, también pueden detectarse problemas de la bomba de agua tales como burbujas que provocan efectos de cavitación, y otros.

Cuando se elabora una tapa con algún metal es necesario hacerla con una geometría tal que impida que la tapa pueda curvarse, es decir que se le haga una estructura volumétrica, que haga que sus paredes tengan únicamente esfuerzos axiales de tensión y de compresión y evitando los de flexión.

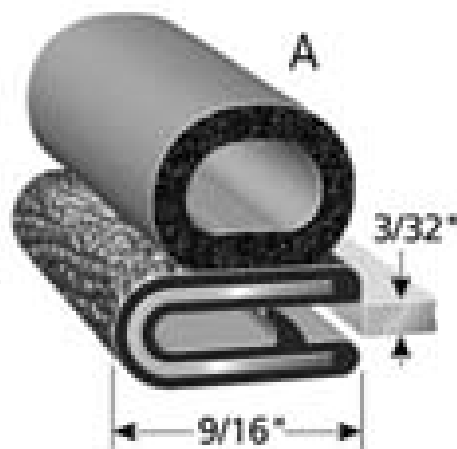
Las bisagras deben ser preferentemente del mismo material para que no exista corrosión por incompatibilidad electrónica y además deben de soportar todos los esfuerzos que induce el peso de la cubierta.

Para conseguir un buen sello entre los compartimientos de la recámara es necesario colocar un empaque de hule en toda la periferia de las cubiertas. Este hule para empaque debe estar libre de imperfecciones y debe ser colocado y pegado. Después de instalado el empaque de hule puede ser comprobada la presión de vacío, tapando los escapes de aire.

Para la colocación del hule debe dejarse una pestaña en la cual va a ser colocado, el grosor de la pestaña puede variar según se disponga pero debe de ser adecuado al hule que se adquiera, de modo que si se adquiere un hule para un espesor de $3/32$ de pulgada debe fabricarse a esta medida.

En la siguiente figura se puede observar un detalle de un perfil de hule para colocarlo en una pestaña de $3/32$ de pulgada.

Figura 15. Perfil de hule para el empaque.



Fuente: <http://www.trimlok.com/SearchResult.aspx?CategoryID=27>

Para la compuerta del tanque cerrado deben tomarse las mismas consideraciones de las compuertas anteriores ya que forma parte del circuito de vacío, entonces su puerta debe tener empaques de hule para conseguir un mejor sello, también debe ser de algún metal libre de aleantes tóxicos y debe ser inoxidable.

Para los jaladores de las compuertas pueden utilizarse no metálicos de cualquier tipo únicamente tomando en cuenta que los tornillos del jalador no sean fuente de oxido u otra contaminación.

6. MONTAJE DE COMPONENTES A LA RECÁMARA

Se debe tener especial cuidado para instalar la recámara ya que si no se toman en cuenta muchos de los aspectos a continuación descritos será necesario desmontarla y volverla a montar adecuadamente, para ello debe tomarse en cuenta que es una máquina móvil, pero que este movimiento debe de ser restringido.

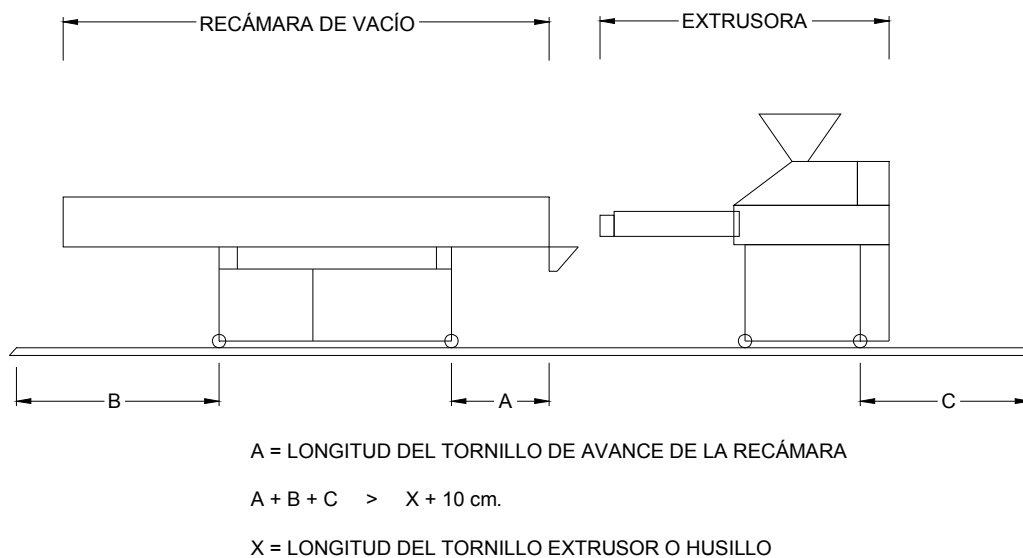
6.1 Desplazamiento

Como se indico anteriormente la recámara es un sistema móvil de modo que debe tomarse muy en cuenta el espacio. Describiendo brevemente el movimiento se parte por saber que cuando se opera la maquina se cuenta con un mecanismo que la recámara incorpora y es el movimiento de mover la recámara hacia delante y hacia atrás. Esto lo hace sin movilizar su tanque es decir que lo único que se desplaza son los compartimientos de la recámara, ya que el tanque quedará anclado. Este mecanismo incorporado en la recámara se basa en un tornillo que hace que se acerque o se retire a través del paso del tornillo; definitivamente la longitud para poder hacer estos movimientos depende de la longitud del tornillo, regularmente es de 50 centímetros.

Debe tomarse en consideración que para hacer los mantenimientos preventivos a la unidad de extrusión debe contarse con espacio suficiente como para retirar el husillo extrusor, que podría ser por ejemplo un husillo pequeño de longitud alrededor de los 95 cm.

De modo que al retirar la recámara necesitaríamos otros 45 cm. más para poder hacer el servicio de mantenimiento al tornillo, razón por la cual debemos considerar unos 50 cm. para que se pueda desmontar el tornillo del extrusor, porque de otro modo es más complicado hacer este movimiento ya que el husillo al salir de barril, toparía contra la recámara, y para poder sacarlo habría necesidad de desmontar la recámara de sus rieles y esto significa una gran cantidad de tiempo adicional para el mantenimiento que debiera ser lo más breve posible para no afectar las tareas de producción. Sin embargo si la unidad de extrusión cuenta con la capacidad de moverse hacia atrás, se puede combinar con el desplazamiento que tendrá en el espacio para hacer la tarea de mantenimiento preventivo del husillo extrusor.

Figura 16. Desplazamiento Horizontal de la recámara

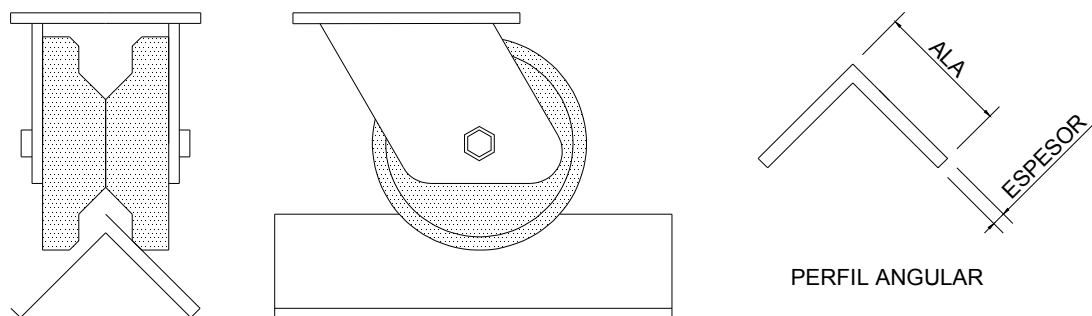


En la figura anterior (Figura 16) podemos apreciar las condiciones para hacer el montaje y no tener problemas en cuanto al movimiento horizontal de la recámara.

Se puede ver en la figura anterior, la relación que existe entre, la amplitud que permite cada una de una de las amplitudes de movimiento “B” y “C” sobre los rieles y “A” del desplazamiento de la recámara, con respecto a la longitud necesaria para poder sacar el husillo de la unidad de extrusión.

De modo que para poder sacar el husillo es necesario que se cumpla la condición indicada en la figura ($A + B + C > \text{longitud del husillo} + 10 \text{ cm.}$). La amplitud “C” puede o no existir, esto depende del montaje que se tenga en cuanto a la unidad de extrusión porque no siempre se realiza, entonces para cuando no exista la amplitud “C” la condición debe cumplirse, tomando en cuenta que la amplitud “C” es igual a cero.

Figura 17. Detalle del perfil y frente de los rieles



En la figura anterior se puede observar la forma en la que se va a montar los rodos de la recámara sobre unos perfiles en “L”, para su desplazamiento, los perfiles deben ser de un tamaño adecuado.

En la siguiente tabla se puede ver una gama amplia de perfiles en “L” o angulares, de lados iguales, de los cuales nos podemos valer para seleccionar el que mejor se ajuste a las necesidades con respecto al tamaño de las poleas que sirven al chasis de la recámara para moverse, en este caso en particular puede funcionar correctamente un perfil angular de tamaño 2” x 3/16” (2 pulgadas de ala por un espesor de 3/16 de pulgada), el tamaño del ala se refiere a la longitud de un lado del perfil y el espesor se refiere al espesor final de la lámina del perfil.

Tabla II. Medidas para perfil angular

Perfil Angular			
Descripción Ala x Espesor (pulg.)	Medidas (mm.) Nominales		Libras por Unidad
	Ala	Espesor	
3/4" x 1/8"	19.00	3.20	11.77
1" x 1/8"	25.40	3.20	16.00
1" x 3/16"	25.40	4.70	22.71
1 1/4" x 1/8"	31.70	3.20	20.10
1 1/4" x 3/16"	31.70	4.70	28.63
1 1/2" x 1/8"	38.10	3.20	25.28
1 1/2" x 3/16"	38.10	4.70	34.92
1 1/2" x 1/4"	38.10	6.40	46.30
2" x 1/8"	50.80	3.20	31.48
2" x 3/16"	50.80	4.70	44.45
2" x 1/4"	50.80	6.40	63.23

Fuente: <http://www.acerosdeguatemala.com/perfiles.html>

6.2 Conexiones

Para conseguir un mejor rendimiento debe considerarse los aspectos desarrollados a continuación.

6.2.1 Conexiones de agua de chiller

El agua de chiller generalmente trabaja a temperaturas que oscilan entre 4 y 10 °C, de modo que a esta baja temperatura es muy probable que se tengan problemas con la condensación debido a la humedad del ambiente entonces debe tomarse en cuenta que las tuberías del suministro de agua del chiller deben estar forradas por un material aislante térmico como lo podría ser una espuma o duroport.

Las mangueras se conectan directamente al intercambiador de calor y si posee un regulador de temperatura, entonces se conectan inmediatamente después tal y como se menciona en la parte 4 del capítulo 3, en la Figura 8 para equipo auxiliar.

A continuación se describen algunos aspectos a tomar en cuenta para las conexiones:

- Tomar en cuenta los condensados para la ubicación de las tuberías y mangueras.
- Si las instalaciones lo permiten colocar bandejas para recoger los líquidos condensados.
- Asegurar correctamente las mangueras con abrazaderas dobles de alta presión en cada extremo.

- Instalar si el lugar lo permite soportes para las mangueras de modo que no queden en el suelo y pueda hacerse limpieza.
- Dejar las mangueras de una longitud tal que permitan que la recámara pueda moverse, tomar en cuenta las dimensiones planteadas en la figura 15. para que las mangueras no sean obstáculo del movimiento de la recámara.
- Tomar en consideración que las mangueras soporten la presión de trabajo generalmente unos 100 PSI o más dependiendo del suministro de agua.

En la tabla siguiente puede observarse las medidas y las propiedades de un tipo de manguera que soporta altas presiones, una de 2 pulgadas de la siguiente tabla es suficiente para el uso que necesitamos.

Tabla III. Propiedades de mangueras

Diámetro Interno (pulg.)	Diámetro Externo		Número de mallas	Máx. Presión de Trabajo Recom. (PSI)
	(pulg.)	(mm)		
1-1/4	1.720	43.7	4	250
1-1/2	2.035	51.7	4	250
2	2.535	64.4	4	250
2-1/2	3.059	77.7	4	250
3	3.559	90.4	4	250
4	4.626	117.5	4	250

Fuente: <http://www.corporacionmisa.com/mangueras.asp?pag=1-12&npagi=1>

6.2.2 Conexiones eléctricas

Para las conexiones eléctricas debe tenerse especial cuidado ya que de esta depende la seguridad operacional del equipo, así como también el buen funcionamiento de las bombas de vacío y de agua.

Lo que procede es conseguir una espiga adecuada a la terminal del transformador que debe ser adecuado a la alimentación eléctrica del panel que generalmente es de 380 ó 460 VAC, 3Ø, de lo contrario se puede dañar el equipo o no funcionar adecuadamente, pero lo importante es que la alimentación eléctrica del panel de la recámara coincida con la que nos proporciona el transformador independientemente de cuál sea está, ya que existen muchas otras unidades que funcionan con alimentaciones múltiples.

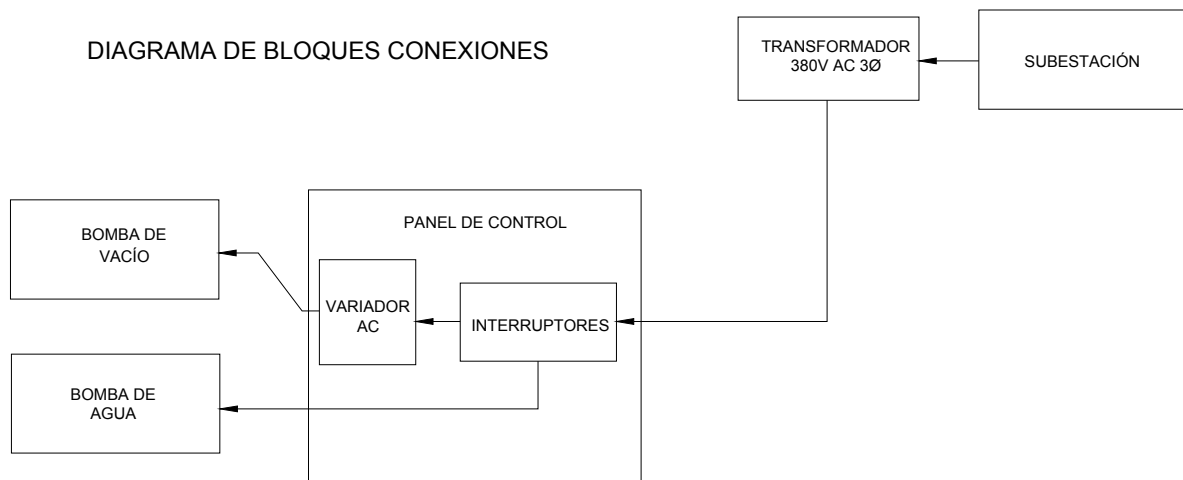
Es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

- Es necesario que los respiraderos del panel de control estén libres para facilitar la disipación de calor emitida por los transistores de potencia.
- El cableado de las bombas tanto de agua como de vacío deben estar aislados de la humedad y del agua, es importante hacer énfasis en esto porque es un equipo que trabaja con alta circulación de agua.
- Antes de la puesta en marcha se debe asegurar que las conexiones a tierra estén conectadas adecuadamente.
- Mantener el área del transformador libre de humedad, agua, salpicaduras etc.

- Es usual que algunos equipos de extrusión tengan una terminal de conexión a tierra para enlazar la conexión a tierra del chasis de la unidad extrusora con la recámara de vacío, la cual luego de conectada puede comprobarse la continuidad del chasis de la recámara y el chasis de la unidad de extrusión.

En la siguiente figura se muestra el diagrama de bloques de las conexiones eléctricas del equipo, para un equipo específico.

Figura 18. Diagrama de bloques para las conexiones eléctricas



Nótese en la figura anterior, que se necesita un variador de corriente para la bomba centrífuga de vacío, ya que necesita ser graduada la presión de vacío y este es una de las formas en la que la máquina se vale para este fin. Mientras la bomba de agua no necesita variar su velocidad, ya que se maneja la misma presión de circulación en toda la alimentación de agua, lo único es que su caudal puede ser regulado por las llaves de paso en las tuberías.

6.2.3 Conexiones de agua de alimentación

Las conexiones de agua de alimentación se refieren a las conexiones que hacen posible que el agua llegue a todos los rincones de la recámara así como también los que hacen que se retiren de ella.

Tomando en cuenta que es una unidad de enfriamiento con una recámara móvil que se mueve independientemente de su chasis debe tomarse muy en cuenta este movimiento para hacer las conexiones de agua, ya que estas deben de ser flexibles tanto que permitan que la recámara pueda moverse libremente, de modo que estas deben ser mangueras.

Una vez solucionado el aspecto anterior ya es posible utilizar tubería rígida para la distribución del agua dentro de los compartimientos de la recámara, que en el equipo suele ser tubería de bronce 3/4 de pulgada y de una pulgada.

La mayoría de equipos traen de fábrica los circuitos de agua de alimentación para sus compartimientos ya montados así como también los de drenaje, De modo que lo único que resta son las conexiones de agua de alimentación de los embudos de entrada de los perfiles plastificados.

Como se vio en el capítulo cuatro el anillo de agua parte una derivación luego del intercambiador, que se distribuye en uno o varios puntos de salida de agua para conseguir la formación del anillo, entonces para hacer este montaje debe tomarse en cuenta las siguientes observaciones:

- Si la derivación se hace antes de que el agua llegue a los circuitos de distribución del agua debe tomarse en consideración el movimiento horizontal de la recámara.
- Los conectores de agua del embudo deben ser pequeños y estar instalados como aparece en la Figura 14 del capítulo 4, según sea el caso.
- Las mangueras de conexión del embudo deben ser flexibles.
- Si se desea hacer una conexión más simple puede utilizarse equipo neumático para las mangueras conexiones y derivaciones luego de regulado el caudal, pero únicamente en la parte que corresponde a la conexión de alimentación de agua para el anillo de agua, esto se debe a que el caudal y presión que se requieren son pequeños en esta parte.

6.3 Movimiento libre x,y,z

Lo que se refiere a los movimientos “x”, “y” y “z” de la recámara es el espacio que se debe tener en consideración al momento de hacer el montaje del equipo, en cuestión del lugar.

Lo que hace que esta recámara sea versátil es que se pueda regular la presión interna de succión o vacío, también la variedad de diámetros del perfil que se pueden manufacturar en ella, pero algo que es bastante útil es que se pueda controlar de manera milimétrica la posición del centro del anillo de agua con respecto al centro del dado extrusor, por lo que la recámara se vale de 5 timones, los cuales hacen girar tornillos que desplazan la recámara en tres dimensiones.

El sistema de movimiento libre se compone de la siguiente manera:

- Dos timones para movimientos laterales ubicados uno en cada extremo a lo largo de la recámara.
- Dos timones para graduar la altura de los compartimientos de la recámara, ubicados también uno en cada extremo a lo largo de la recámara.
- Un timón que se encarga de acercar o retirar la recámara del dado extrusor.

Lo anterior permite hacer las operaciones necesarias para mantener paralela la recámara con el eje de referencia en el que fue montado el extrusor, también para centrar el dado extrusor con el embudo de entrada de la recámara.

Las consideraciones a tomar en cuenta son:

- Dejar el suficiente espacio para permitir los movimientos de los compartimientos de la recámara.
- Prever que la recámara pueda topar con el dado.
- Todos los timones de la recámara deben estar libres para su fácil acceso, y que se permita un espacio para la persona quien los opera.
- Evitar que algún cable, manguera o similar se interponga en alguna de las trayectorias en discusión.

- Los cables, mangueras o similares conectados a la recámara, deben ser de una longitud tal que permita su movimiento.

6.4 Montaje de las entradas

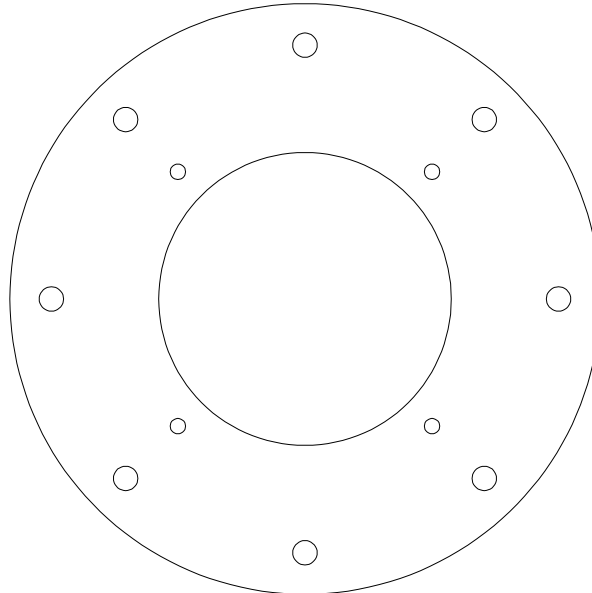
Los equipos vienen de fábrica con una abertura en sus compartimientos de tal modo que pueda adaptárseles embudos de muchos tipos y formas y también aplicaciones.

Como se discutió en capítulos anteriores ciertas formas de hacer tanto los orificios de entrada, los anillos de enfriamiento, los embudos de entrada entre otros, todo para favorecer y facilitar el ingreso de plastificados a la recámara pero existe una única forma de hacer que las entradas se acoplen a la entrada de los compartimientos.

Para hacer el montaje de las entradas es necesario utilizar un flange o brida especial que se adecua, tanto al tamaño de la entrada del compartimiento como para los embudos.

De modo que para dimensionar estos flanges la mayoría de veces es necesario considerar que los equipos americanos utilizan medidas en pulgadas y los equipos alemanes son en su mayoría en milímetros de modo que si se combinan equipos americanos con entradas alemanas debe hacerse un flange con medidas mixtas es decir que para manufacturar el flange es necesario tomar en consideración este detalle.

Figura 19. Flange para adaptar embudos alemanes a compartimientos americanos.



En la figura anterior se puede observar un flange para hacer la adaptación y montaje de los embudos de entrada.

Para mejorar la funcionalidad del flange es necesario tomar en cuenta las siguientes consideraciones:

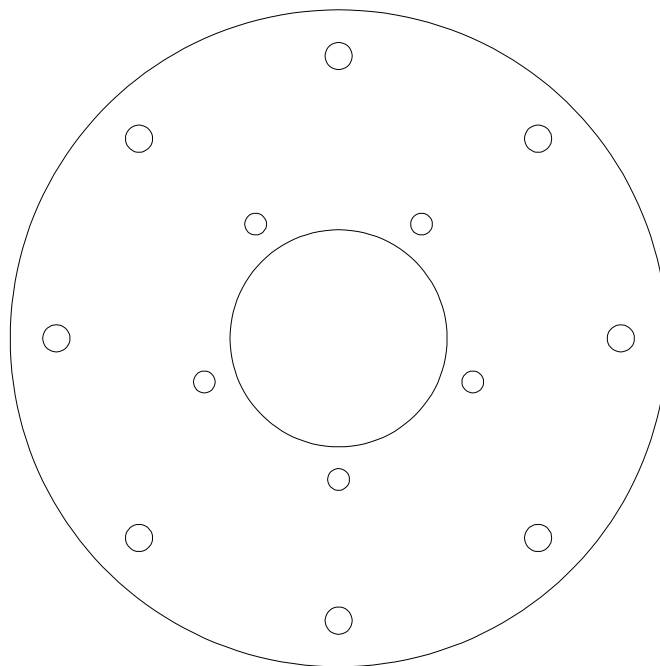
- El material para su manufactura debe de ser resistente a la oxidación, por lo que utilizar un aluminio resulta favorable.
- El material debe estar libre de aleantes tóxicos como plomo mercurio y otros que perjudiquen la composición del agua.
- Para su montaje es necesario colocar un empaque de hule entre la recámara y el flange para evitar que salga agua o entre aire.

- También es necesario colocar un empaque de hule entre el flange y el embudo de entrada para evitar que salga agua o entre aire.

6.5 Montaje de entradas de otros equipos

Por lo general los embudos de entrada son hechos en base a los datos de extrusión de modo que si la máquina extrusora es de origen alemán pues entonces tanto sus datos como los embudos son alemanes y están diseñados según se requiere, si la extrusora es inglesa, italiana, coreana, china u otra pues de igual manera. Los equipos de vacío americanos tienen la bondad de que se les puede adaptar casi cualquier embudo, utilizando un flange similar al de la sección 6.4 de este capítulo, de modo que también se toman en consideración los aspectos mencionados en esa sección.

Figura 20. Flange para adaptar equipos americanos de menor diámetro.



En la figura exterior podemos ver las similitudes de este flange con el flange anterior, en donde podemos ver que los agujeros cercanos al borde exterior del flange son iguales al del flange anterior, y corresponden al acople del flange con los compartimientos de la recámara, y los agujeros cercanos al borde interior del flange son diferentes y son propios de cada entrada y corresponden al acople del flange con el embudo de entrada.

Para dimensionar los flanges es necesario considerar:

- El espacio interno de los compartimientos de la recámara.
- Si se utiliza tuercas con mariposa, considerar sus dimensiones para que no topen con el embudo.
- Su espesor debe ser alrededor de 1/8 de pulgada para que no se curve por la presión de los tornillos.
- Las dimensiones del embudo de entrada para su acople, así como también el número de tornillos para la sujeción.

7. MANTENIMIENTO DE LA RECÁMARA

Una vez instalados estos equipos, es poco el mantenimiento que requieren, por lo regular estos equipos trabajan corridas de producción de hasta 5 días, luego se detiene únicamente para hacer un cambio en el proceso y se continua nuevamente, pero depende del ritmo de producción, de modo que es un equipo que requiere de poco mantenimiento ya que son muy pocas las partes sujetas a desgaste, o con partes móviles de alto nivel de movimiento, esto quiere decir que la recámara puede pasar todo el tiempo de una corrida de producción sin moverse, teniendo movimiento únicamente sus bombas de agua y de vacío, y otras partes sujetas a desgaste por fricción como lo son la esponja y los empaques de retención entre otros.

7.1 Recámara de vacío

De entre los componentes de la recámara susceptibles a desgaste y mantenimiento tenemos los siguientes.

7.1.1 Rodamientos del plastificado

Los rodamientos del plastificado se refieren a todas las partes que tienen contacto con el plastificado mientras este se encuentra dentro de la recámara, como lo son los rodamientos de nivel y las guías.

Como se vio anteriormente los rodamientos de nivel son los rodamientos que mantienen sumergido el perfil a lo largo de los compartimientos de la recámara.

Dependiendo del material del cual estén manufacturados así es el desgaste que tendrán, pero también depende de otros factores, como:

- La temperatura del perfil.
- La velocidad de paso del perfil.
- El número de horas que trabaja la máquina.
- La fuerza de empuje del perfil sumergido.
- El tamaño de la superficie de contacto del perfil.

Para realizar el cambio de estos perfiles es conveniente que, a pesar de que el desgaste no es igual en todos ellos, deben de cambiarse todos, para tener uniformidad. Luego de sustituidos los rodamientos, es conveniente ajustarlos todos a un mismo nivel, pero ya que en ocasiones la recámara no se encuentra exactamente en posición paralela al nivel del agua, es más apropiado utilizar el agua como nivel de referencia para calibrar la altura en la cual se colocan los rodamientos.

Es recomendable revisar al menos una vez al mes el desgaste que ha sufrido cada rodamiento, porque aunque es de esperar que se tengan perfectas condiciones durante al menos seis meses, en ocasiones no es así. Es importante en la revisión ver el desgaste interno y externo de los rodamientos.

7.1.2 Sumideros

Los sumideros, son todos aquellos conductos que retiran agua de los compartimientos de la recámara, en su mayoría poseen un filtro que impide el paso de la basura. Como es casi inevitable que basura como polvo u otras partículas entren dentro del circuito es necesario que los filtros se limpien una vez al día.

Dentro de las rutinas de mantenimiento debe programarse una limpieza de los filtros y así mismo una circulación de limpieza de las tuberías, lo anterior con la finalidad de que no se obstaculice el flujo del aire y del agua hacia los circuitos de recorrido de los mismos hacia los tanques, de modo que para los efectos de un flujo constante y mantener una presión baja en fluctuaciones es necesario que el camino se encuentre adecuado.

Acorde con las recomendaciones del fabricante, estos sumideros deben ser limpiados según su uso una vez al día, condición que varía dependiendo de los contaminantes del entorno como lo pueden ser el polvo, partículas dispersas de plástico, residuos de combustión provenientes de fuentes externas y otros contaminantes del agua provenientes de depósitos, agua de alimentación, torre de enfriamiento, intercambiadores, etc.

Para su limpieza es necesario desmontarlos completamente y lavarlos con agua, haciendo circularla en sentido contrario a la circulación de operación de los circuitos, luego volver a montar los sumideros de nivel, no es necesario secarlos. Luego de esto es necesario graduar el nivel acorde al nivel deseado de agua dentro de los compartimientos.

Si se utilizan jabones o cepillos es necesario asegurarse de que quede libre de restos de ellos al colocarse de nuevo.

7.1.3 La cubierta

Ocasionalmente, las cubiertas presentan problemas de desgaste ya sea en sus empaques o en sus instrumentos de calibración. Para realizar una buena inspección de las cubiertas es necesario chequear:

- Las fugas de aire o agua en los empaques.
- Revisar fugas en las llaves de cada compuerta.
- Chequear calibración de llave de regulación de aire de cada compuerta si las tuviese.
- Revisar la calibración de manómetros de presión de succión de cada cubierta.
- Revisar la calibración de los termómetros.

Para el chequeo de fugas en los empaques es recomendable mantener limpia el área de contacto del empaque de la tapa con el chasis y revisar en todo el contorno del empaque en búsqueda de roturas, imperfecciones, dobleces, agujeros, desgaste, desniveles, suciedad, abultamientos y otros que impidan un buen sello del empaque.

Si se presentara algún tipo de imperfección es necesario hacer un cambio de empaque ya que este sistema no tolera fugas de vacío es decir entradas de aire ya que de otro modo el aire que ingrese por alguna parte de la cubierta, al no ser controlado, medido y regulado ocasiona fluctuaciones indeseables dentro de la presión de trabajo y esto traerá como consecuencia variaciones en las dimensiones de nuestros perfiles.

Es necesario hacer las revisiones en todas las cubiertas de la recámara, tanto del tanque cerrado como para todos sus compartimientos. Las revisiones o chequeos deberán hacerse una vez al mes o cuando existan indicios de fallas por fugas de vacío.

7.2 Componentes externos de la recámara

Se considera como componente externo todo aquel elemento que no tiene contacto directo con el producto final, y que le sirven a la recámara como instrumentos para funcionar de manera adecuada, y que de otro modo no funcionaria con la misma versatilidad con la que funciona.

Cada uno de los componentes de la máquina tiene especial importancia para su funcionamiento y es crítico que todos sus componentes tengan un desempeño adecuado y estar sujetos a revisiones periódicas.

7.2.1 Bombas de vacío

La bomba de vacío se encuentra expuesta a humedad, suciedad, corrosión y fluctuaciones de energía eléctrica ya que se encuentra conectada a un circuito abierto de aire y agua. Esta bomba pasa en funcionamiento el cien por ciento del tiempo que trabaja la recámara, para hacer una buena revisión de esta bomba es necesario hacer las siguientes rutinas:

- Comprobar que dentro de las mangueras para aire no se encuentren rastros de humedad.
- Comprobar que dentro de la bomba de vacío no se encuentren rastros de humedad.
- Revisar las conexiones eléctricas de alimentación de la bomba, limpiar con aire comprimido sus conexiones en el panel de control, así como también sus interruptores, fusibles y reguladores de corriente.
- Revisar que la impedancia sea la adecuada en cada uno de los devanados eléctricos del motor de la bomba según datos del fabricante.
- Comprobar que la alimentación eléctrica de la bomba sea la adecuada.
- Revisar que la presión de succión de la bomba sea la adecuada mediante el uso de los manómetros de las cubiertas.

Si existiera alguna anomalía en cuanto a humedad dentro de la bomba es necesario corregirla de inmediato porque la humedad suele dañar la bomba.

Para las bombas de vacío es conveniente revisar que la salida del aire no tenga obstáculos ya que esto le resta potencia a la bomba.

7.2.2 Rieles

Los rieles de la recámara le sirven como medio para moverse hacia delante o hacia atrás sin desalinearse con respecto al montaje original. De modo que para que todo el sistema pueda deslizarse apropiadamente se necesita que los rieles como las ruedas estén lubricados y evitar desgaste.

Cuando uno de los rodos de los rieles ha sufrido un severo desgaste puede notarse con facilidad porque el recámara se encuentra desbalanceada y tiene repercusiones en la vibración de la máquina porque no todas sus ruedas están al mismo nivel. Algunas unidades cuentan con niveladores que permiten graduar la altura a la que se encuentran sus ruedas, mas sin embargo si se observa un desgaste debe ser corregido.

Cada vez que se mueva hacia delante o hacia atrás la recámara haciendo uso de los rieles, debe tenerse el cuidado de aflojar los fijadores de tornillo que tiene el chasis de la recámara porque si no se aflojan la recámara no se moverá, y si en un caso se lograra mover por una fuerza excesiva podría dañar esta pieza. Para hacer alguna modificación en los rieles, como dejarlos más altos o agregarles una extensión es recomendable desmontar la recámara para evitar dañarla.

Para la lubricación de los rieles y ruedas puede utilizarse un poco de grasa, teniendo el cuidado de que esta grasa sea de un grado alimenticio, adecuada para esta aplicación. Si los productos que elabora esta unidad no son de aplicación alimenticia puede utilizarse una grasa común.

Ver figura 21 para Grasas de uso Alimenticio.

7.2.3 Bombas de agua

En realidad una bomba de agua necesita de un mantenimiento bastante simple pero debe de ser periódico. Cuando una bomba presenta problemas es muy sencillo notarlo. Cuando la bomba de agua presenta fallas, estas repercuten en malas funciones en el sistema de la recámara, entre las cuales tenemos las siguientes:

- Baja de la presión de descarga de la bomba.
- Sobrecalentamiento del agua en la recámara.
- Variación en las dimensiones del producto.
- Agua dispersa en la periferia de la bomba.
- Fugas de agua en la bomba.
- Problemas de cavitación en el producto.
- Presencia de burbujas en el agua de los compartimientos.
- Fugas de aceite.
- Sonidos anormales durante su operación.
- Constantes interrupciones por sobrecorriente.
- Presencia de aceite en el agua de circulación.

Para que exista un correcto control en el mantenimiento de la bomba de agua debe tomarse en cuenta revisar que no exista la presencia de ninguno de los indicios anteriores, porque de lo contrario existe alguna anomalía en cuanto a su funcionamiento.

Para complementar su mantenimiento puede hacerse limpieza de los conductos de agua de la bomba y también servicio de aceite según lo recomiende el fabricante.

Debe tenerse en cuenta las siguientes precauciones en el momento de poner en marcha la bomba:

- Nunca echarla a andar en seco, para ello utilizar los cebaderos correspondientes.
- Asegurarse de que haya agua dentro del depósito de agua cerrado que es el que alimenta de agua a la bomba.
- Colocar un filtro en la salida de agua hacia la bomba para evitar dañar sus componentes.
- Mantener limpio el filtro de agua hacia la bomba así como también los diferentes filtros dentro del circuito de agua a lo largo de toda la unidad.
- Revisar la adecuada presión del agua en el manómetro instalado inmediatamente después de la salida de la bomba.
- Mantener limpio el intercambiador de calor cerrado que está instalado a la salida de la bomba.
- Cambiar el agua del circuito al menos una vez por semana con agua limpia.

7.2.4 Mangueras

Las consideraciones en cuanto a mangueras son sencillas pero requieren de mantenimiento periódico. Dentro de los sistemas de circulación de agua existen varios tipos de mangueras, así como también varios tipos de flujo de agua, direcciones de circulación, presiones y aplicaciones de modo que dividiremos las mangueras según su clasificación para su mantenimiento, de la manera siguiente:

- Mangueras de circulación de agua hacia los compartimientos.
- Mangueras de drenaje de agua de los compartimientos.
- Mangueras de circulación de agua del Chiller hacia el intercambiador cerrado.
- Mangueras de aire.
- Mangueras para succión de vacío.
- Mangueras para la bomba de agua.

En realidad las más vulnerables a suciedad son las mangueras de circulación y drenaje de los compartimientos, ya que en la mayoría de los casos es la parte en la que se encuentra el contacto con partículas dispersas de varias fuentes como humo, materia prima, producto en proceso, suministros, y partículas producidas por desgaste de materiales entre otras.

Para realizar una tarea de mantenimiento efectiva en cuanto a mangueras, debe hacerse tomando en cuenta las porciones más susceptibles a ensuciarse. Por lo regular en las secciones en las cuales se observa un rizo o una curvatura pronunciada es el lugar más propicio para albergar cualquier tipo de contaminante.

Dentro de los procesos de limpieza de mangueras cabe destacar las siguientes tareas:

- Quitar las uniones y limpiarlas.
- Cambiar la cinta de teflón asegurándose de no dejar residuos internos en las juntas roscadas, uniones roscadas, etc.
- Hacer circular agua para limpieza, (en donde el sistema lo permita) a altas presiones y altas temperaturas, y purgar con agua nuevamente.
- Verificar que no existan fugas de agua en juntas o roturas.
- Sujetar correctamente con abrazaderas adecuadas cada una de las mangueras.
- Cambiar mangueras gastadas, rotas o en mal estado.

Para hacer las tareas de limpieza en mangueras debe tenerse especial cuidado al utilizar, abrasivos nocivos, agentes tóxicos, agentes cancerígenos u otros disueltos en sustancias de limpieza que puedan dañar las paredes de las mangueras o contaminar el agua que circula dentro de ellas, debe evitarse al máximo el uso de cualquier sustancia diferente al agua potable.

Para el resto de mangueras basta con mantenerlas limpias y sin fugas a lo largo de toda su periferia.

7.2.5 Cojinetes y chumaceras

La recámara de vacío es una máquina estacionaria, sin embargo posee la capacidad de poderse ajustar en posición longitudinal, transversal y de altura en dos puntos, tal como se discutió en la parte 6.3 del capítulo 6 del presente trabajo.

Para que pueda desplazarse la recámara debe valerse de ejes, cojinetes, chumaceras, tornillos sin fin, y otras. Todas las piezas anteriores están afectadas por fuerzas de fricción.

La mayoría de estas partes poseen puntos de engrase, en los cuales debe de suministrarse el lubricante, que se sugiere se haga con una frecuencia mensual. En otros dispositivos como tornillos sin fin, rieles, carrileras, y otros es necesario suministrar el lubricante de tal modelo que cubra toda el área expuesta a fricción. Luego de suministrar el lubricante, debe de limpiarse el exceso del mismo para evitar ensuciar otras partes en donde el lubricante no es deseado.

En la industria alimenticia debe tenerse especial cuidado en el uso de lubricantes, por lo cual existen lubricantes como grasas y aceites especiales para el uso de maquinaria que tiene contacto con alimentos. Los lubricantes de la clase H-1 se fabrican con ingredientes que cumplen el reglamento 21 CFR 178.3570 de la FDA para lubricantes que tienen contacto incidental con alimentos.

Es recomendable que si el destino de los productos que se fabricarán, tendrán contacto con alimentos, se utilice un lubricante de grado alimenticio.

Figura 21. Grasas sintéticas para Uso Alimenticio.

Serie SYNXTREME FG:

Grasas sintéticas de complejo de sulfonato cálcico para maquinaria de alimentos.

Estas grasas sintéticas de alto rendimiento para uso universal y registro NSF H-1 son aptas para maquinaria de alimentos y brindan prolongada protección de presión extrema y antidesgaste. Son altamente resistentes al lavado con agua y solución cáustica, y ofrecen un excelente rendimiento en temperaturas altas y bajas.

PRODUCTO LUBRIPLATE	NO. PIEZA PRODUCTO	GRADO NLGI	VIS. ACEITE cSt SUS a 40°C / 100°F	PENETRACIÓN TRABAJADA	PUNTO GOTEO ASTM	PRUEBA FRÍO APROX.	AD / PE	ADITIVOS HERM./ÓXID.	RESISTENCIA AGUA
SYNXTREME FG-0	L0307-	0	100 / 500	355 / 385	700°F / 371°C	-40°F / -40°C	AD / PE	SÍ	SÍ
SYNXTREME FG-1	L0306-	1	100 / 500	310 / 340	700°F / 371°C	-40°F / -40°C	AD / PE	SÍ	SÍ
SYNXTREME FG-2	L0305-	2	100 / 500	265 / 295	700°F / 371°C	-40°F / -40°C	AD / PE	SÍ	SÍ

Las grasas de la serie SYNXTREME FG se ofrecen en cartuchos, cubos, tambores de 1/4 y tambores. En la página 18 encontrará el suíjo correspondiente al número de pieza del envase.

Serie SFL:

Grasas sintéticas de complejo de aluminio de uso universal aptas para maquinaria de alimentos.

Esta serie ofrece una gama de temperaturas de operación excepcionalmente amplia, gran estabilidad de corte, resistencia al agua y propiedades portadoras de carga excelentes. Para usarse en congeladores y otras aplicaciones de temperatura fría o en zonas sujetas tanto a temperaturas frías como elevadas. Se ofrecen en 4 densidades.

PRODUCTO LUBRIPLATE	NO. PIEZA PRODUCTO	GRADO NLGI	VIS. ACEITE cSt SUS a 40°C / 100°F	PENETRACIÓN TRABAJADA	PUNTO GOTEO ASTM	PRUEBA FRÍO APROX.	AD / PE	ADITIVOS HERM./ÓXID.	RESISTENCIA AGUA
SFL-00	L0195-	00	39 / 200	400 / 430	400°F / 204°C	-60°F / -51°C	AD	SÍ	SÍ
SFL-0	L0196-	0	39 / 200	355 / 385	425°F / 218°C	-60°F / -51°C	AD	SÍ	SÍ
SFL-1	L0197-	1	39 / 200	310 / 340	450°F / 232°C	-60°F / -51°C	AD	SÍ	SÍ
SFL-2	L0198-	2	219 / 1070	265 / 295	500°F / 260°C	-25°F / -32°C	AD	SÍ	SÍ

Las grasas de la serie SFL se ofrecen en cartuchos, cubos, tambores de 1/4 y tambores. En la página 18 encontrará el suíjo correspondiente al número de pieza del envase.

Fuente: <http://www.lubriplate.com/pdf/ads-catalogs/SpanishDataBk07.pdf>

En la figura anterior se puede observar algunas de las propiedades de lubricación de dos lubricantes que cumplen con las normativas requeridas para contacto con alimentos; Actualmente existe variedad de estos lubricantes especiales, debe seleccionarse el más adecuado para el destino del proceso.

8. AJUSTE OPERACIONAL

Para operar correctamente la recámara es necesario conocer cómo funciona cada una de sus partes y cómo es que afecta cada uno de sus sistemas de calibración; También es importante conocer la incidencia de cada uno de sus parámetros para las propiedades del producto final, así como saber gobernar estos parámetros, modificándolos adecuadamente para conseguir la atmósfera deseada de las propiedades para que el producto final cumpla con las especificaciones necesarias, y de manera paralela utilizar todos los sistemas de forma adecuada, de tal modo que la forma de operación ayude a prolongar la vida útil de la máquina.

8.1 Panel de control

El panel de control de una unidad de vacío con recirculación de agua es bastante sencillo ya que por lo general se limita a contener las siguientes partes y botones:

- Chasis.
- Botón de encendido de la bomba de vacío.
- Botón de apagado de la bomba de vacío.

- Botón de encendido de la bomba de recirculación de agua.
- Botón de apagado de la bomba de recirculación de agua.
- Potenciómetro de regulación de RPM de la bomba de vacío.

Otros equipos pueden tener aparte de las partes anteriores, botones de paro de emergencia, amperímetros, voltímetros, LCD de RPM y otros instrumentos que ayudan a tener un mejor control de los parámetros, pero dependen del diseño del fabricante.

Para iniciar el encendido de la bomba de vacío es necesario que se revise que su potenciómetro este colocado en cero RPM, antes de presionar el botón de encendido y luego se pueden subir las RPM poco a poco hasta conseguir el vacío necesario, con esto se evita que la bomba de vacío reciba un golpe de corriente que puede dañar los devanados de su motor, tomando en cuenta que las bombas centrifugas de vacío de estas unidades son bastante delicadas. Antes de apagarla sería prudente proceder de la misma manera bajando las RPM poco a poco para preservar la vida útil de la unidad.

Para la bomba de agua no es necesario, ya que no cuenta con un potenciómetro, pero es necesario asegurarse de que al tanque cerrado y los compartimientos tengan agua, y si la bomba no ha sido utilizada recientemente es necesario que requiera cebarla, ya que nunca se debe poner en marcha la bomba de agua en seco.

Cuando la bomba de agua se detiene y los sistemas están con agua e incluso la bomba de vacío encendida, es común que los depósitos de agua tanto el abierto como cerrado puedan llenarse por la gran cantidad de agua dentro de los compartimientos, de modo que debe tomarse en cuenta drenar este exceso de agua del sistema al finalizar la operación.

Luego de lo anterior, se debe adicionar este faltante de agua al arrancar la máquina, ya que en algunos casos por cuestiones de espacio el tanque cerrado no cuenta con la capacidad de llenar todos los compartimientos y disponer de un considerable nivel de agua para nunca dejar trabajar la bomba de agua en seco, de modo que es necesario adicionar esta agua al iniciar el arranque.

8.2 Puesta en marcha

Una vez que sean alcanzadas las condiciones deseadas en la unidad de extrusión como lo son la temperatura, la purga, el color y la calibración de dados entre otros, debe procederse a preparar la recámara de vacío para su puesta en marcha.

Los pasos siguientes ayudan a considerar muchos de los aspectos básicos para un buen arranque de la unidad de de vacío.

- Revisarlos sistemas de suministro eléctricos, fusibles e interruptores encendidos del PLC.
- Revisar los empaques y filtros colocados adecuadamente.
- Revisar que los depósitos de agua llenos.
- Abrir las cubiertas.
- Abrir las llaves de agua del Chiller.
- Cebear la bomba de agua.
- Colocar los embudos de entrada.

- Graduar los rodamientos de nivel.
- Nivelar los sumideros de rebalse de agua.
- Encender las bombas de vacío y agua.
- Hacer pasar el perfil dentro de los compartimientos hacia el jalador.
- Abrir el suministro de agua del embudo de entrada.
- Cerrar las compuertas.
- Cerrar la llave de las compuertas.
- Abrir el suministro de aire.
- Ajustar la llave neumática para el aire de secado.
- Aumentar las RPM de la bomba de vacío hasta conseguir la presión de succión deseada.
- Ajustar y adecuar parámetros de operación.

Los pasos anteriores pueden variar según el diseño del equipo, otros equipos más complejos pueden requerir de operaciones adicionales, para lo cual es necesario referirse al manual del fabricante para considerar aspectos de diseño y operación propios de cada equipo.

8.3 Acciones para dimensionar el diámetro transversal

Una vez ajustada la recámara es bastante común que no se obtengan las dimensiones requeridas luego de la puesta en marcha, de modo que existe más de un medio para jugar con los parámetros e instrumentos para lograr las dimensiones requeridas para el producto considerando que este sea un perfil tubular, ya que el vacío es destinado a estos productos.

Ajustar la presión de vacío haciendo uso del potenciómetro hace que el diámetro del perfil aumente o disminuya proporcionalmente a la presión de succión dentro de la recámara. De modo que se puede aumentar el diámetro de la sección hasta donde lo permitan los anillos de enfriamiento ya que es en esta zona en la cual se hacen deformaciones plásticas al perfil, porque luego de esta zona el perfil pierde temperatura y pasa a su zona elástica en donde la mayoría de esfuerzos son inútiles ya que luego de retirados vuelve a su dimensión anterior. Para regular esta presión interna puede hacerse uso de los reguladores de ingreso de aire de la recámara, valiéndose de la lectura en la instrumentación de manómetros de presión de vacío en cada compartimiento de la recámara.

Acercar o retirar la recámara del dado extrusor también es un medio para dimensionar el diámetro de la sección. Cuando el diámetro interno del dado es mayor al diámetro del embudo de entrada, el perfil adquiere una forma cónica de modo que si se acerca más la recámara al dado se conseguirá un diámetro mayor y si se aleja su diámetro se reducirá.

Tomar en cuenta que si se aumenta el tamaño del diámetro, el espesor del perfil disminuye, y de manera inversa si se reduce el espesor aumenta, de modo que si se modifica el diámetro es necesario modificar la dosificación en la unidad de extrusión para que suministre más material en caso de que se aumente el diámetro de la sección para compensar este estiramiento y viceversa.

Para conseguir un perfil recto es necesario que el dado sea centrado dentro de la unidad de extrusión, pero luego de esto también es necesario centrar la recámara con el dado para conseguir que no se tuerza dentro de ella.

Para lograr esto es necesario hacer uso de los timones para los desplazamientos en “x”, “y” y “z” para que la recámara no sea causa de que el perfil se curve longitudinalmente.

Si luego de enfriado y dimensionado el perfil y llevado a la unidad de corte, éste se comporta quebradizo, es recomendable ajustar la temperatura del agua dentro del sistema, para ello puede hacerse uso de un termorregulador de temperatura de agua, ya que puede el agua este demasiado fría para este proceso, así como también puede variarse el protocolo de temperaturas en la unidad de extrusión.

Se recomienda ajustar las dimensiones en el siguiente orden para hacerlo de modo más fácil, tomando en cuenta la incidencia que tiene el ajuste de una dimensión sobre otra.

- Rectitud.
- Longitud.
- Diámetro.
- Espesor.
- Peso.

Según la experiencia adquirida al operar los equipos, la incidencia de modificar una dimensión, repercute poco en la anterior cuando se hace en este orden, pero la mayoría de dimensiones están ligadas con otra de modo que para cualquier acción existe una reacción en sus dimensiones sobre todo de las últimas tres.

Una vez hecho algún ajuste en sus dimensiones es prudente observar el comportamiento del resto de las dimensiones por algún tiempo, permitiendo así que el proceso se estabilice y las fluctuaciones de su operación sean atenuadas para observar los efectos reales.

8.4 Suministros

Debido a que piezas dentro de la recámara deben ser de materiales suaves y adecuados para mucho desgaste por estar en contacto permanente con el paso del perfil, es lógico que luego de un tiempo no cumplan con las dimensiones que se requiere para que operen de forma adecuada dentro del proceso, razón por la cual es necesario remplazarlos por nuevos, tal es el caso de los empaques de retención a lo largo de los compartimientos y las esponjas o los empaques para canales de agua del embudo.

8.4.1 Empaques de retención

Los empaques de retención le permiten a la recámara impedir que el vacío se pierda o que el agua salga del sistema.

Los empaques de retención se encuentran al final de cada compartimiento o entre ellos, cuando es necesario. Estos empaques se fabrican de un material como lo puede ser hule, con un agujero en el centro adecuado al diámetro final del perfil, de tal modo que quede ajustado y permita cierta variación de sus dimensiones pero sin dejar escapar agua o entrar aire.

El constante paso del perfil a través de ellos hace que por fricción se desgasten y su agujero pase de ser redondo a ser ovalado, dejando escapar agua o entrar aire, de modo que deben sustituirse por empaques nuevos. Al momento de observar fugas de agua, goteras o la pérdida de presión de succión es necesario revisar el estado de los empaques.

Entre un compartimiento y otro no es crítico este desgaste, ya que la presión de aire y agua es casi igual en uno y otro.

Cuando el agujero de los empaques está demasiado ajustado puede perjudicar las dimensiones del perfil de igual modo que si estuviera demasiado flojo, por lo cual es necesario que este agujero se ajuste perfectamente al diámetro requerido del perfil.

Para los empaques del canal de agua dentro del embudo de entrada el desgaste es mínimo, pero revisarlo cada seis meses es recomendable ya que no tiene contacto directo con el constante paso del perfil.

8.4.2 Esponjas.

Las esponjas ayudan a sostener un ambiente húmedo en su periferia para minimizar la fricción en la entrada del embudo con el perfil, de modo que el primer contacto del perfil es con el agua y luego con la esponja.

El agujero de la esponja debe ser adecuado al perfil, tomar en cuenta que al humedecer con agua la esponja, el agujero se reducirá un poco, entonces calculando este efecto debe hacerse una esponja con un agujero un tanto mayor que el perfil, este agujero debe hacerse lo mas redondo posible para tener uniformidad en el flujo de agua en la esponja, porque como se discutió anteriormente la esponja es humedecida desde tres diferentes punto de inyección de agua.

La esponja debe cortarse de tal modo que pueda entrar en la cavidad destinada a ella dentro del embudo, lo recomendable es utilizar una esponja de poros pequeños para darle mayor rigidez.

El constante flujo del perfil a través de la esponja hace que se desgaste poco a poco y que el agujero de la esponja deje de ser circular y pueda tornarse ovalado o elíptico, condición que es indeseable porque tiene como resultado que la cantidad de agua que circunda al perfil cuando entra, no sea uniforme. Entonces al revisar la esponja y encontrar esta condición es recomendable sustituirla, también es recomendable revisarla cada vez que se tenga algún indicio de su desgaste, como lo puede ser ovalamiento o variaciones en el diámetro.

9. FALLAS Y SOLUCIONES COMUNES

Muchas de las fallas son bastante recurrentes y tienen soluciones conocidas, en esta sección se discuten algunas de las más recurrentes y se plantea sus posibles causas y posibles soluciones. Las fallas pueden tener otras causas y otras soluciones.

Falla: Pérdida de presión de vacío.

Muchas veces puede verse en los manómetros que la presión de vacío no alcanza los niveles deseados de operación aún cuando las RPM de la bomba son elevadas.

Causas: Fugas en los circuitos o pérdida de potencia en la bomba de vacío.

Soluciones:

- Revisar todas las tuberías buscando roturas o fugas y repararlas.
- Revisar todos los empaques de las cubiertas de los compartimientos y los tanques, limpiarlos y quitar cualquier partícula que pueda estar provocando un mal sello con el empaque.
- Revisar que las llaves de regulación de entrada de aire en las cubiertas de los compartimientos estén cerradas.
- Revisar que los empaques de la recámara no estén desgastados por el paso del perfil.
- Observar anomalías en el funcionamiento de la bomba de vacío y verificar que no tenga humedad.
- Eliminar cualquier fuente que pueda suministrar agua a las tuberías de vacío, puede ser que el tanque cerrado tenga demasiada agua, retirarle un poco.

- Chequear la alimentación eléctrica de la bomba de vacío y el potenciómetro del panel de control.
- Revisar que todas las abrazaderas estén correctamente colocadas y sujetadas.

Falla: Variaciones en el diámetro del perfil.

Generalmente se presentan constantes variaciones a lo largo del perfil en plazos muy cortos.

Causas: Irregularidad de flujo de agua en embudos de entrada, empaques gastados, esponja desgastada, variaciones de vacío, variaciones en la dosificación del extrusor.

Soluciones:

- Revisar que los empaques dentro de los compartimientos de la recámara y el embudo de entrada, no estén desgastados.
- Verificar que el desgaste de la esponja no sea severo.
- Ajustar el flujo de las conexiones de agua del embudo de entrada.
- Chequear que en los manómetros de vacío que las presiones se mantengan regulares y en la presión deseada.
- Comprobar que el flujo de material a la salida del dado extrusor sea constante y sin fluctuaciones en su dosificación, de no ser así revisar el protocolo de temperaturas y verificar que este circulando agua en la garganta de la tolva.
- Comprobar que exista un buen flujo de aire en el dado macho del extrusor, de no ser así limpiarlos con aire a presión tomando las precauciones respectivas.
- Revisar la correcta alineación del embudo de entrada con respecto al dado extrusor.

Falla: Curvatura longitudinal del perfil.

Cuando no se tienen bien controlados los parámetros, el perfil puede curvarse durante o después del proceso de enfriamiento, dando como resultado un perfil curvado longitudinalmente.

Causas: Incorrecto protocolo de temperaturas en el extrusor, embudo de entrada excéntrico, mayor fluidez de material en un lugar del perfil, filtros de disco de rompimiento sucios.

Soluciones:

- Revisar que se tenga un protocolo de temperaturas adecuado para el material que se está empleando.
- Revisar la correcta alineación del embudo de entrada con respecto al dado extrusor.
- Observar el flujo a la salida del dado extrusor, si este se ve irregular, es recomendable cambiar los filtros internos del dado y limpiar el disco de rompimiento.
- Si está fluyendo mayor cantidad de material en una parte del dado, es necesario que se centre el dado macho para que el flujo de material sea parejo en cualquier parte.
- Revisar que la temperatura del agua que se utiliza en la recámara no esté demasiado caliente y que esté retirando el calor necesario, de lo contrario ajustar la temperatura de descarga del termorregulador de temperatura de agua.
- Revisar que los empaques de un compartimiento a otro no estén apretando demasiado al perfil.
- Si se utiliza un extrusor secundario o coextrusor, revisar que la dosificación sea la adecuada con respecto a la dosificación del extrusor principal.

Falla: Agua en el perfil a la salida de la recámara.
Cuando el producto sale de los compartimientos de vacío llega a un compartimiento de secado. Al salir de este debe salir bastante seco pero en algunos casos puede salir húmedo luego de salir del compartimiento de secado.

Causas: Falta de presión de aire de secado, empaque a la salida de los compartimientos de vacío desgastados por el flujo del perfil.

Soluciones:

- Abrir por completo las llaves de dosificación de aire de secado.
- Revisar la presión de descarga del suministro de aire.
- Revisar que las salidas de inyección de aire del secador no estén obstruidas por incrustaciones provocadas por el agua u otras partículas que lo puedan obstruir.
- Comprobar que el empaque a la salida de los compartimientos de vacío no estén tan gastados como para dejar entrar un exceso de agua al compartimiento de agua.
- Verificar que el suministro de aire no contenga agua.

Falla: Manchas de burbuja en las paredes del perfil.
En algunas ocasiones puede observarse manchas de burbuja o poros pronunciados a lo largo de las paredes del perfil.

Causas: Problemas de cavitación en el suministro de agua.

Soluciones:

- Revisar que el suministro del agua no contenga partículas de aire.
- Revisar que la bomba de agua no tenga entradas de aire.
- Chequear que la tubería de agua hacia la bomba esté completamente sumergida y que el depósito de agua cerrado tenga suficiente agua.

- Dispersar las partículas de aire en otra dirección de tal modo que no tengan contacto con el perfil, mientras se soluciona el problema.
- Asegurarse que en el embudo de entrada cuente con suficiente agua de modo que envuelva a todo el perfil cuando entra.

Falla: Colapso de las paredes del perfil.
 Cuando las paredes del perfil tienden a no estar completamente estiradas y tienden a unirse unas con otras.

Causas: Baja presión de succión, poco espacio para la circulación del perfil, poca cantidad de material en un lado del perfil.

Soluciones:

- Revisar la presión en los manómetros de vacío de las cubiertas de los compartimientos.
- Revisar que los anillos de enfriamiento, los embudos de entrada, los empaques y la dosificación sean los adecuados para el producto requerido.
- Revisar que el dado esté correctamente centrado de modo que suministre la misma cantidad de material en todas las partes del perfil.
- Revisar que no exista un exceso en la presión de vacío que pueda estar reventando las paredes del perfil.

Falla: Perfil quebradizo.
 En el momento que el perfil es cortado, puede presentar rajaduras en los lugares donde fue efectuado el corte, de modo que el perfil está demasiado rígido o tiende a romperse por concentración de esfuerzos internos.

Causas: Un enfriamiento demasiado brusco, sobre enfriamiento del perfil.

Soluciones:

- Elevar un poco la temperatura del agua de operación de la recámara de vacío.
- Elevar un poco el protocolo de temperaturas del extrusor.
- Ampliar el tiempo de enfriamiento.

Falla: Constante rompimiento del perfil.

Esta falla sucede cuando el perfil se revienta y se interrumpe su flujo dentro de la recámara.

Causas: Exceso de velocidad del proceso, perfil demasiado caliente, exceso de agua en el embudo de entrada, dado muy alejado de la recámara.

Soluciones:

- Comprobar que los anillos de enfriamiento no tengan residuos que puedan estar anclando el perfil, y que estén debidamente pulidos.
- Verificar que la temperatura de extrusión no sea demasiado excesiva y que el perfil no esté demasiado blando.
- Verificar que el dado no esté demasiado retirada de la recámara.
- Reducir la velocidad de arrastre del perfil en caso de que sea demasiada la velocidad de este proceso.
- Revisar que no exista un exceso de flujo de agua en el embudo de entrada cuya corriente rompa el perfil.

CONCLUSIONES

1. Los materiales empleados para la fabricación de piezas que se utilizan para adecuar el paso del perfil dentro de la recámara de vacío son en su mayoría resistentes a la oxidación, ya que en su totalidad los componentes internos de los compartimientos y depósitos están en contacto con agua.
2. Las dimensiones de los embudos de entrada están directamente ligados a las dimensiones de espesor y diámetro de los perfiles a extruir.
3. Los principales parámetros que tienen efectos en el dimensionamiento de los perfiles son la temperatura y la presión de vacío dentro de los compartimientos de la recámara.
4. En el montaje del equipo debe tomarse en cuenta muchos aspectos de su espacio, los cuales servirán para su correcto servicio, operación y mantenimiento.
5. El tener un flange al cual se le pueda colocar y retirar varios tamaños de embudos de entrada, proporciona la versatilidad de poder trabajar diferentes tamaños de sección de perfiles en una misma recámara.

RECOMENDACIONES

1. Antes de configurar la temperatura de operación del agua de la recámara, se deberá conocer la hoja técnica de la resina, para conocer sus temperaturas de operación, su índice de fluidez y otros datos necesarios para determinar la velocidad de enfriamiento requerida.
2. Los principales problemas de la recámara son problemas de vacío, por lo tanto, garantizar un sello perfecto en sus componentes es vital para que no se presenten problemas.
3. Si se trabaja una unidad para productos que tengan contacto con alimentos, debe conocerse todos los requerimientos establecidos por instituciones que regulan la sanitización, inocuidad y otros que tengan relación con el proceso para saber cómo utilizar materiales, suministros, mantenimiento, etcétera, para poder obtener un certificado para lo que se produce, cumpliendo lo que la institución requiera.
4. La calibración de la instrumentación de toda la unidad, en especial de los manómetros de presión de vacío, ayuda notablemente a que se tenga un mejor control en las variables del proceso y así mismo de las reacciones de estas variables hacia las dimensiones del perfil.

5. Cada vez que se deje de utilizar por demasiado tiempo el equipo, es adecuado retirarle el agua al sistema y en el momento de arrancar asegurarse de cebar la bomba de agua, hacer una limpieza general y hacer las revisiones descritas en el capítulo 8 del presente trabajo.

6. Seleccionar de acuerdo al presupuesto y requerimientos, los materiales para la fabricación de los componentes que mejor se adecuen a las condiciones de operación tomando en cuenta la ausencia de agentes tóxicos y corrosivos.

7. Garantizar luego del montaje de todas las piezas, que la máquina opera de forma segura y adecuada al proceso.

8. Llevar un registro de los parámetros utilizados en la operación para facilitar el conocimiento de la incidencia de cada parámetro al producto, esto también ayudará a tener un historial del rendimiento de las bombas y sus componentes, proporcionando información vital para la elaboración de un plan de mantenimiento predictivo.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. <http://www.mpmsacv.com.mx/mallamet.htm>
(24 de julio de 2007)
2. <http://www.acerosdeguatemala.com/perfiles.html>
(2 de agosto de 2007)
3. <http://www.trimlok.com/SearchResult.aspx?CategoryID=27>
(14 de agosto de 2007)
4. <http://www.corporacionmisa.com/mangueras.asp?pag=1-12&npagi=1>
(22 de agosto de 2007)
5. <http://www.lubriplate.com/catalogs-ads.html>
(10 de octubre de 2007)

BIBLIOGRAFÍA

1. Michigan Plastics Machinery Co., “Instructions and Operation Manual For Models VC Series Vacuum Calibration Tanks”, Michigan Plastics Machinery Co. Kawkawlin, Michigan.