

37



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MEXICO
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN



FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES
CUAUTITLAN

Departamento de
Exámenes Profesionales

DISEÑO DE FIELTROS PARA LA SECCION DE
PRENSADO HUMEDO DE LAS MAQUINAS DE
FABRICACION DE PAPEL.

**MEMORIA DE DESEMPEÑO
P R O F E S I O N A L
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO
P R E S E N T A
ADOLFO TORRES MORALES**

ASESOR: DR. ADOLFO OBAYA VALDIVIA

CUAUTITLAN IZCALLI, EDO. DE MEX.

2002

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN
UNIDAD DE LA ADMINISTRACION ESCOLAR
DEPARTAMENTO DE EXAMENES PROFESIONALES



ESTADOS UNIDOS MEXICANOS
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN

ASUNTO: VOTOS APROBATORIOS

U. N. A. M.
FACULTAD DE ESTUDIOS SUPERIORES CUAUTITLAN



Facultad de Estudios Superiores Cuautitlán

DR. JUAN ANTONIO MONTARAZ CRESPO
DIRECTOR DE LA FES CUAUTITLAN
P R E S E N T E

ATN: Q. Ma. del Carmen García Mijares
Jefe del Departamento de Exámenes
Profesionales de la FES Cuautitlán

Con base en el art. 28 del Reglamento General de Exámenes, nos permitimos comunicar a usted que revisamos:

La memoria de desempeño profesional: Diseño de Filtros para la sección de prensado húmedo de las máquinas de fabricación de papel.

que presenta el pasante: Adolfo Torres Morales
con número de cuenta: 8154245-7 para obtener el título de:
Ingeniero Químico

Considerando que dicho trabajo reúne los requisitos necesarios para ser discutido en el EXAMEN PROFESIONAL correspondiente, otorgamos nuestro VOTO APROBATORIO.

ATENTAMENTE

"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"

Cuautitlán Izcalli, Méx. a 13 de Junio de 2002

PRESIDENTE	<u>Dr. Adolfo Obaya Valdivia</u>	
VOCAL	<u>I.Q.M. Rafael Sampere Morales</u>	
SECRETARIO	<u>I.Q. Graciela Delgadillo García</u>	
PRIMER SUPLENTE	<u>I.Q. Ariel Bautista Salgado</u>	
SEGUNDO SUPLENTE	<u>I.Q. Gilberto Atilano Amaya Ventura</u>	

Dedicatoria

A mi esposa e hijos

**Al Ing. Enrique García Martínez
(Vicepresidente y Director General de Albano Internacional de México)**

Agradecimientos

A mis sinodales:

I.Q.M. Rafael Sampere Morales

I.Q. Graciela Delgadillo García

I.Q. Ariel Bautista Salgado

I.Q. Gilberto Atilano Amaya Ventura

Y particularmente a mi asesor

Dr. Adolfo Obaya Valdivia

Índice.

Objetivos.	1
Introducción.	2
1.- Generalidades sobre la fabricación de papel.	
1.1.- Antecedentes	4
1.2.- Tipos de papel.	6
1.3.- Proceso de fabricación de papel.	8
1.3.1 Preparación de la Pulpa.	11
1.3.2 Máquina de papel.	15
1.3.2.1.- Sección de formación.	15
1.3.2.2.- Sección de prensado.	16
1.3.2.3.- Sección de secado.	17
2.- Sección de prensado húmedo de las máquinas de fabricación de papel.	
2.1.- Descripción.	18
2.1.1.- Tipos de prensas.	22
2.1.2.- Configuraciones de la sección de prensado.	25
2.2.- Importancia en la fabricación de papel.	27
3.- Diseño de fieltros.	
3.1.- Definición.	28
3.2.- Manufactura del fieltro	28

3.3.- Etapas para el diseño	34
3.3.1.- Análisis de la información.	34
3.3.2.- Creación del diseño.	37
3.3.3.- Validación del diseño.	44
4.- Ejemplo práctico de un diseño de fieltro.	
4.1.- Información de máquina y posición.	50
4.2.- Requerimientos de calidad y operación para el fieltro de la posición Pick up.	52
4.3.- Selección del tipo y características del fieltro para la posición Pick up.	52
4.4.- Validación y evaluación de la operación en máquina.	54
5.- Conclusiones.	59
6.- Glosario.	61
7.- Bibliografía.	64

Objetivos.

- 1.- Diseñar con base en las características de la máquina, posición y tipo de papel los fieltros para la sección húmeda de las máquinas de fabricación de papel.
- 2.- Analizar y evaluar los requerimientos necesarios para cumplir con las especificaciones de calidad y eficiencia de la sección húmeda de las máquinas de fabricación de papel.

Introducción.

La fabricación del papel se realiza a través de un proceso complejo, que puede resumirse en la transformación de materiales fibrosos en agua, en una lámina que es necesario **formar, prensar y secar**. Estas tres operaciones se llevan a efecto en una máquina de papel.

En el capítulo uno, se describen los antecedentes en la fabricación del papel y su evolución hasta nuestros días, mencionando algunas de sus clasificaciones basadas en su uso.

Se describe brevemente, la materia prima utilizada para la fabricación, que es la madera, así como sus diferentes clasificaciones y procesos requeridos para conformar la **pasta** utilizada para la fabricación del papel, así como también se describen brevemente las secciones que comprenden una máquina de papel y su importancia.

En el capítulo dos, se describe detalladamente la sección de prensado húmedo de las máquinas de fabricación de papel, debido a que es la parte de la máquina donde se utilizan los fieltros, de los cuales, su diseño se describe posteriormente, siendo el tema de esta memoria de desempeño profesional.

También se mencionan algunos aspectos teóricos para describir los mecanismos que involucran la transferencia del agua de la hoja de papel hacia el fieltro.

El capítulo tres, es la parte medular de esta memoria, debido a que describe al fieltro, desde su evolución y fabricación actual, hasta las consideraciones necesarias por un diseñador de fieltros para su aplicación y validación en las máquinas de fabricación de papel.

En el capítulo cuatro, se describe un ejemplo práctico de un diseño de fieltro, y su validación para la aplicación en una máquina de fabricación de papel fino, para la posición pick up de la sección de prensado húmedo de la máquina *trinig* de fabricación de papel.

Finalmente en el capítulo cinco, se mencionan las conclusiones que se derivan de la descripción de la memoria de desempeño profesional, de un diseñador de fieltros para la sección de prensado húmedo de las máquinas de fabricación de papel.

1.- Generalidades sobre la fabricación de papel.

1.1.- Antecedentes.

El arte de fabricar papel auténtico tuvo su origen en China alrededor del año 100 DC. cuando se descubrió que podía formarse una red de fibras (obtenidas macerando la pared interna de la corteza de bambú) filtrando una suspensión de pulpa a través de un cedazo fino. Esta red fibrosa, una vez prensada y secada resultaba adecuada para escribir y dibujar.

El papel continuó elaborándose manualmente hasta inicios del siglo XIX. Aunque Louis Robertson patentó la primera máquina continua de papel en 1799, no fue sino hasta 1804 cuando los hermanos Fourdrinier pudieron fabricar con éxito papel para fines comerciales en una máquina. Las primeras máquinas consistían de una caja de flujo que adicionaba la pasta de papel a una malla móvil sostenida entre dos rodillos. La hoja húmeda se prensaba posteriormente y se iba acumulando para su eventual secado en forma de hojas. El segundo sistema fue desarrollado en 1809 por J. Dickinson y se ha llegado a conocer como el proceso de la máquina de cilindros o cubas. Este sistema ha sufrido modificaciones y desarrollos, permitiendo la fabricación de papeles y cartones multicapas. Los dos sistemas se ilustran en la figura 1.

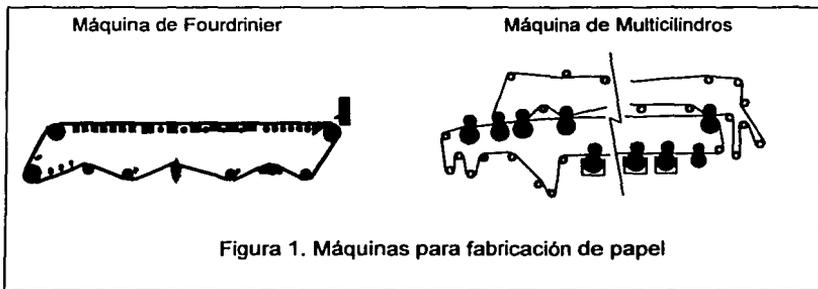


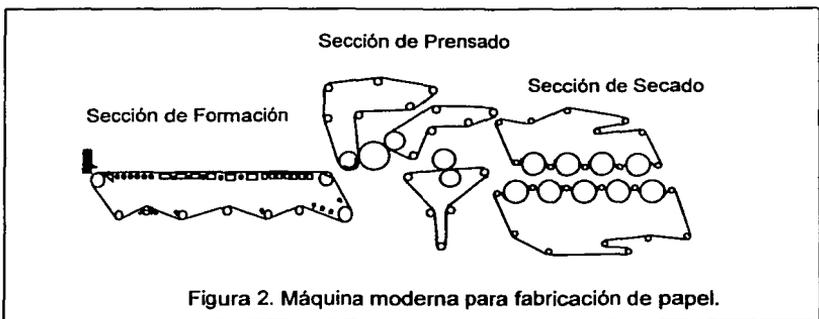
Figura 1. Máquinas para fabricación de papel

Desde la época de Louis Robertson, la máquina de papel ha sufrido una continua evolución y la fabricación del papel se realiza a través de un proceso complejo. Este proceso puede resumirse en la transformación de una suspensión de materiales fibrosos en agua, obteniéndose una lámina que es necesario *formar*, *prensar* y *secar*. Estas tres operaciones se llevan a efecto en una máquina de papel. Los componentes básicos de una máquina moderna se ilustran en la figura 2, y son:

Sección de Formación.- Una tela de formación en forma de banda sin fin, que "ordena" las fibras en forma de lámina y permite que la pasta drene por gravedad y **desgote** por succión.

Sección de Prensado.- La hoja de papel se hace pasar por una serie de prensas en las que se remueven mayores cantidades de agua y la red fibrosa se consolida; es decir, se fuerzan a tener un contacto más íntimo por medio de presión.

Sección de Secado.- La mayor parte del agua remanente es evaporada y el enlace entre las fibras se va incrementando conforme el papel entra en contacto con una serie de cilindros calentados por medio de vapor.



1.2.- Tipos de papel.

Dentro de las muchas definiciones existentes en la literatura para el papel, hay una que lo define como *una estructura laminar, hecha de materiales fibrosos, formada a partir de una suspensión de fibras y aditivos en agua*. Esto significa que para poder formar una hoja de papel es necesario partir de una mezcla de fibras y aditivos químicos suspendidos en agua.

Todo el papel se fabrica, a partir de este principio, de manera similar, aunque no todo el papel se destina a los mismos usos. Dependiendo de su uso, el papel se clasifica en términos generales en:

- + Papeles *Tissue*
- + Papeles *Kraft*
- + Papeles *Finos*

En la práctica cada uno de los tipos de papeles dentro de esta clasificación incluye *grados* diversos de fabricación. Cualquiera que sea el tipo de papel de que se trate, se identifica en forma convencional por medio de su peso unitario, expresado en g/m².

Dentro del grupo de los papeles *Tissue* se tiene: faciales (pañuelos desechables), servilletas, toallas, papeles higiénicos, entre otros. Los pesos unitarios de este tipo de papeles van desde 11 hasta unos 90 g/m².

El rubro de los papeles *Kraft* o papeles cafés, se fabrica prácticamente a partir de un 100 % de papel desperdicio reciclado. Todo el papel que se utiliza para envoltura o empaque, tanto comercial como industrial puede considerarse como *Kraft*. Esto comprende usos tan diversos como papel para los sacos de cemento o para bolsas de pan y el cartón que se emplea en cajas para muy diversas aplicaciones. Dada la naturaleza de estas aplicaciones, los gramajes en

que se fabrican estos papeles son relativamente altos, en un rango de 90 y 550 g/m².

En una máquina de papeles *Kraft* se fabrican los elementos de papel a partir de los cuales se fabrica el cartón corrugado. Este está constituido por dos capas externas de papel *medium*, el cual se corruga previamente por separado en una máquina corrugadora. Este cartón forma parte importante de la mezcla de productos derivados de lo que se fabrica en las máquinas de papeles cafés, como se ilustra en la figura 3.

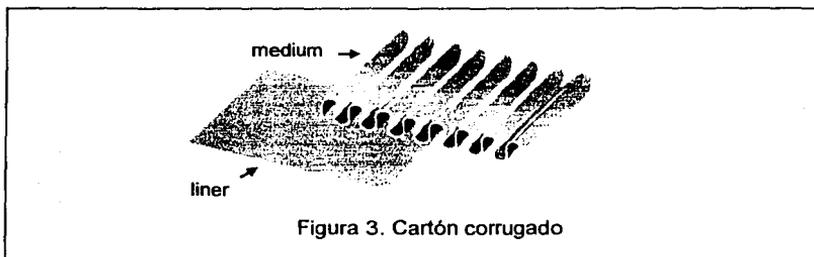


Figura 3. Cartón corrugado

Dentro de los papeles *Finos* se ubican, en su aceptación más amplia, todos los papeles que no se utilizan para los fines de higiene personal o de envoltura – empaque que se ha descrito anteriormente; es decir, los papeles que se emplean, generalmente, para fines de comunicación ya sea impresa o por medio de escritura. De hecho, los papeles finos se identifican también como *papeles de escritura e impresión*. Como parte integral del grupo así identificado, se encuentra el papel periódico, ya que se utiliza para ser impreso en las máquinas rotativas. También dentro de este rubro se ubican las cartulinas empleadas tanto en impresiones comerciales como artísticas y para usos didácticos. También es importante considerar que como parte de los papeles finos se encuentran papeles de usos muy diversos, diferentes de los de escritura e impresión. Estos, conocidos en la industria papelera como *especialidades*, comprenden, entre otros muchos,

los papeles de envoltura "fina" (los que se usan para envolver regalos), el papel moneda, el fotográfico, el "china" y el papel con el que se hacen los cigarrillos.

Dada la complejidad y diversidad de *grados* de papel que comprende este rubro, las materias primas a partir de las cuales se fabrican son igualmente diversas. Estas van desde un 100 % de fibras recicladas hasta prácticamente un 100 % de fibras vírgenes, dependiendo más que nada, del tipo de papel de que se trate y de sus características.

1.3.- Proceso de fabricación de papel.

El proceso de fabricación de papel comprende varias operaciones para la transformación de la mezcla fibrosa que constituye la materia prima del papel, hasta la obtención de productos comerciales, como se ilustra en el diagrama de bloques de la figura 4.

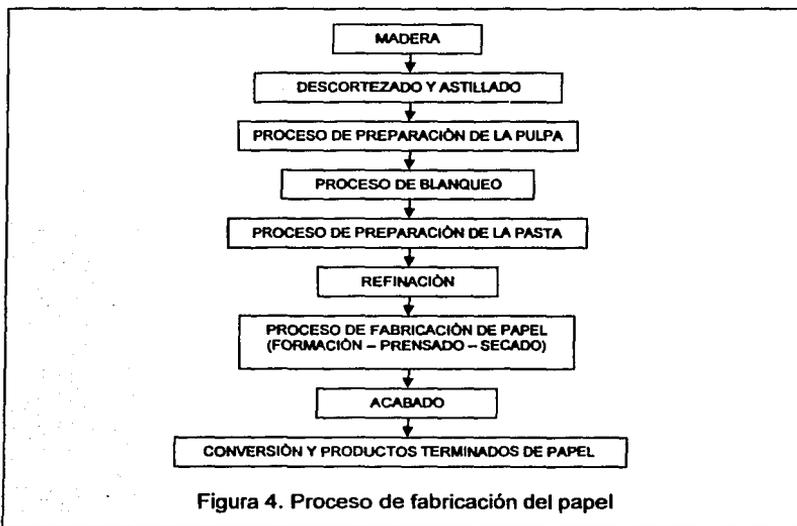


Figura 4. Proceso de fabricación del papel

Estas operaciones tienen lugar en grandes complejos industriales como se ilustra en la figura 5, El proceso total abarca desde la recepción de la madera (fuente de materia prima), su aserrado, corte, eliminación de la corteza, reducción de tamaño y clasificación.

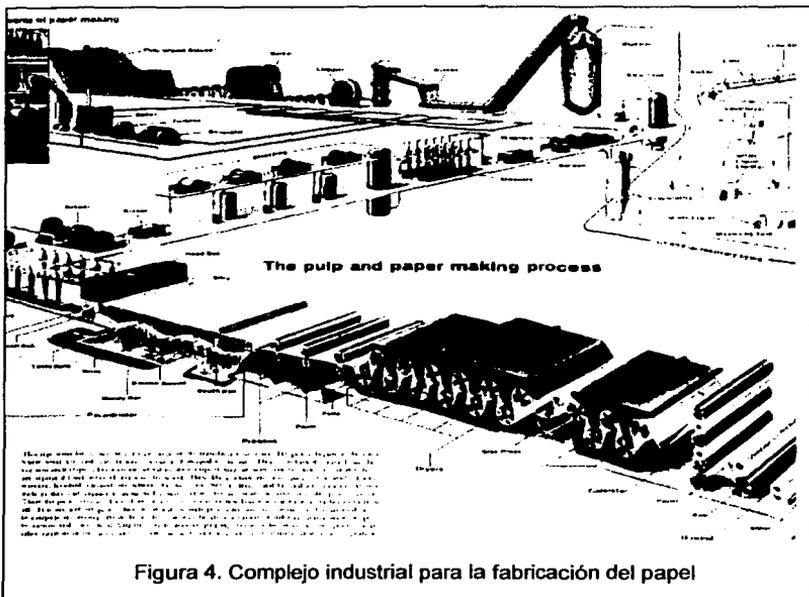


Figura 4. Complejo industrial para la fabricación del papel

Las etapas subsecuentes del proceso incluyen la transformación en una **pulpa**, el blanqueo de esta pulpa, su transformación en una **pasta** mediante la adición de productos químicos y su suspensión en agua. Posteriormente, esta pasta pasa al proceso de fabricación de papel propiamente dicho, para la formación, prensado y secado de la hoja de papel. Esta se somete a un proceso de acabado para obtener sus características finales y de ahí llegar al proceso de conversión en donde adquiere la forma y presentación en que llega al consumidor.

Como se mencionó anteriormente, para la manufactura del papel hay dos grandes conjuntos de procesos, uno que corresponde a la obtención de la pulpa y el otro a la fabricación del papel. La materia prima original para la fabricación de papel es la madera y se clasifica en maderas *suaves* y maderas *duras*. En la industria papelera a menudo se identifican más bien con sus términos en inglés *softwood* y *hardwood*. Ambas categorías se utilizan hoy en día para la fabricación de papel.

Las maderas *suaves* son las que provienen de las pináceas: pino, abeto, oyamel, ocote. Son los árboles que tienen espigas en lugar de hojas y que no cambian nunca de coloración.

Las maderas *duras* son árboles de hojas anchas como los robles, cedros, abedules y las especies que pierden sus hojas en invierno.

Los fragmentos de la madera tienen una cierta composición química. Dependiendo de su procedencia, presentan un contenido de lignina de 25 % en las maderas *suaves* y de un 21 % en las maderas *duras*. La lignina envuelve las paredes fibrosas de celulosa y hemicelulosa. La primera se encuentra presente en cantidades de un 45 %, mientras que la segunda en un 25 % en las maderas *suaves* y en un 35 % en las maderas *duras*.

Además de lo anterior, la madera tiene cantidades variables de resinas, ácidos grasos, terpenos y fenoles, algunos de los cuales se eliminan junto con la corteza y otros que son susceptibles a ser extraídos. Todos estos compuestos que se conocen genéricamente como materiales extractables, están presentes en contenidos de 2 a 8 % y no tienen utilidad desde el punto de vista de fabricación de papel, aunque a partir de ellos se fabrican solventes y combustibles.

En función de su naturaleza, las fibras de madera presentan diferentes dimensiones. Las fibras de maderas *suaves* (longitud 4.0 mm y diámetro 40 μm)

son de prácticamente el doble de longitud y diámetro que las fibras de maderas *duras* (longitud 2.0 mm y diámetro 22 μm).

En nuestro país se utilizan, además de las maderas antes mencionadas, fibras de eucalipto y de bagazo de caña para hacer papel. Las fibras de madera de eucalipto se ubican entre las de madera *suave* y madera *dura* tanto en longitud como en diámetro (longitud 2.6 mm y diámetro 29 μm). Este hecho tiene ciertas ventajas desde el punto de vista de características finales de papel. Las fibras de bagazo son, por otro lado, más cortas y más angostas que las de madera *dura* (longitud 1.7 mm y diámetro 12 μm).

1.3.1.- Preparación de la pulpa.

Existen varios procesos que pueden ser usados para convertir fragmentos de madera en materiales fibrosos adecuados para utilizarse en la fabricación de papel. Haciendo a un lado momentáneamente el papel cartulina y cartón reciclados; los cuales se usan en forma exhaustiva en nuestro país como materia prima para la fabricación de papel, las fibras vírgenes se pueden clasificar como: *mecánicas, químicas y semiquímicas*.

Las pulpas *mecánicas* pueden clasificarse de acuerdo al tipo de proceso que se sigue para su obtención en: pulpa molida - *stone groundwood* – (SG), pulpa de refinación mecánica (RMP) y pulpa termomecánica (TPM). Las pulpas *mecánicas* se producen por fibrilación de la materia prima por medio de atrición generada por el uso de energía mecánica en molinos y refinadores. La pulpa TPM y la RPM en menor grado, destacan por el hecho de tener un mayor contenido de fibras enteras en comparación con la pulpa molida y por su mayor resistencia mecánica. Todas las pulpas *mecánicas* contienen prácticamente todos los componentes de las astillas de madera (fibra y lignina) y sus eficiencias de obtención son del orden de 85 – 90 %.

El proceso para obtención de pulpas *químicas* (pulpeo químico) consiste en degradar y disolver la lignina y separar la mayor parte de la celulosa y la hemicelulosa en forma de fibras. En la práctica, los métodos de *pulpeo químico* son exitosos en el sentido de que remueven la mayor parte de lignina, aunque también degradan una cierta cantidad de hemicelulosa y de celulosa, por lo que el rendimiento de la pulpa es bajo en comparación con el del *pulpeo mecánico*. Las pulpas químicas se obtienen en rendimientos del 40 al 50 % de la cantidad de madera original.

En el *pulpeo químico* las astillas de madera se hacen reaccionar con los productos químicos adecuados en una solución acuosa a temperaturas y presiones elevadas. Los dos métodos principales son el proceso *kraft* (*alcalino*) y el proceso al *sulfito* (*ácido*). El proceso *kraft* es el más comúnmente aplicado debido a que presenta ventajas desde el punto de vista de recuperación de reactivos y resistencia de la pulpa.

Las pulpas *semiquímicas* se producen por medio de varios procesos en dos etapas, que consisten en un pretratamiento químico seguido de un paso de fibrilación mecánica. En la práctica se utilizan tanto el proceso *kraft* y al *sulfito*, como el proceso semiquímico (NSSC) para la producción de pulpas *semiquímicas*. Esta es más bien pequeña en comparación con las grandes cantidades que se producen de pulpas *kraft*. Las pulpas *semiquímicas* de madera se destacan por su resistencia a la compresión y se usan ampliamente para la fabricación e papeles *medium* para corrugados y para papeles industriales.

La pulpa debe someterse a un proceso final antes de poderse utilizar para la fabricación de papel. Este se hace por definición, a partir de una mezcla de materiales fibrosos y productos químicos. La pulpa está constituida exclusivamente de los primeros.

Proceso de Blanqueo. Las pulpas no blanqueadas muestran un rango muy amplio de valores de brillo. El proceso al *Sulfito* produce las pulpas más brillantes, mientras que las pulpas obtenidas a partir de los procesos *kraft* y *Semiquímicos* pueden ser sumamente oscuras. El brillo de la pulpa mecánica está dado principalmente en función de las especies de madera de las que fue obtenida y de las condiciones de las mismas. La celulosa es inherentemente blanca y no contribuye con coloración alguna. Es comúnmente aceptado que los "grupos cromáticos" de la lignina son los principales responsables del color de la pulpa. Se utilizan dos enfoques en el blanqueo químico de pulpas. Uno de ellos emplea reactivos químicos selectivos que destruyen algunos de los grupos cromáticos, pero no atacan materialmente a la lignina. El otro enfoque busca remover en forma prácticamente total la lignina residual.

Para producir pulpas de papel estables de alta calidad, es necesario usar métodos de blanqueo que permitan eliminar la lignina. Las etapas iniciales de blanqueo deben ser consideradas como una continuación de la eliminación de lignina iniciada en el proceso de *pulpeo*. Las últimas etapas, emplean agentes oxidantes para destruir el color residual. El proceso de blanqueo debe hacerse de tal forma que permita conservar las características de resistencia y otras propiedades necesarias para la manufactura del papel.

Los productos químicos a usar para la preparación de papel dependen fundamentalmente del tipo y grado de papel de que se trate y de las propiedades y características que debe cumplir el mismo. Depende, asimismo, de si el proceso de fabricación se lleva a efecto en condiciones *ácidas* o *alcalinas*. De cualquier manera, la adición de productos químicos tiene por objeto contribuir a obtener una mayor adherencia entre las fibras, así como ayudar a que la formación y consolidación de la red fibrosa sea más uniforme. Además de lo anterior, permiten obtener determinadas características como **porosidad, opacidad y brillo del papel**.

Los aditivos se agregan a la pulpa en forma sólida (en polvo) o bien en forma de una suspensión acuosa. Estos aditivos se conocen generalmente como *cargas* y es el término con el cual se identifica en el medio cualquier producto químico usado para estos fines, independientemente de su función específica en la formulación de la pasta.

Otro proceso que se lleva a cabo en la etapa de preparación de pasta consiste en el *encolado* de la pasta. Este proceso consiste en la adición de resinas que ayudan a "aglomerar" las fibras y aditivos para uniformizar la formación de la red fibrosa, reduciendo los intersticios o espacios vacíos entre las mismas. Esta operación es necesaria sobre todo en el caso de los papeles para impresión, en los que es necesaria una superficie y textura uniformes para una captación y distribución de tinta igualmente uniformes.

A la mezcla así formada es necesario someterla a un proceso final de reducción de partícula. Este proceso se efectúa en *refinadores* mecánicos de diseño similar a los *refinadores* usados para la obtención de pulpas mecánicas. Esta reducción en el tamaño de partícula se logra por la atrición de los materiales entre los discos rotatorios que giran en el interior de los refinadores cónicos. La importancia del proceso de **refinación** radica en el hecho de que permite regular el tamaño de partícula a alimentar al proceso de fabricación de papel. Del grado de refinación a que se somete la pasta dependerán, en buena medida las características del papel durante su fabricación y las propiedades del producto terminado.

En los países desarrollados ha comenzado en años recientes a usarse mas y mas el papel reciclado, también identificado como *fibras secundarias*. Esta práctica obedece tanto a presiones económicas como a presiones de legislación ambiental y de impacto en los consumidores. En nuestro país, esta práctica tiene muchos años de haberse implantado por razones de costos, dadas las condiciones prevalecientes en las economías de los países subdesarrollados.

1.3.2.- Máquina de Papel.

La industria papelera y la productora de vestiduras para las máquinas de papel han estado siempre dependientes una de otra, pues los desarrollos en las máquinas han sido acompañados con los respectivos desarrollos en los diseños de las vestiduras. Una máquina de papel es una compleja estructura de sistemas hidráulicos, mecánicos, químicos, térmicos y aerodinámicos, es por ello que hoy la maquina mas antigua o la más moderna del mundo dispone de vestiduras específicas para las secciones de formación (Telas de Formación), prensado (Fieltros), y secado (lonas secadoras).

1.3.2.1.- Sección de formación.

La *Tela de Formación* es una banda sin fin de tejido sumamente fino. Todavía al final de los años 60's, se utilizaban exclusivamente *mallas metálicas* de formación (de bronce generalmente). Hoy en día, las *Telas de malla plástica* han desplazado casi totalmente las *mallas metálicas* debido a su tiempo de duración mucho mas prolongado (hasta diez veces mas).

La tela viaja entre dos grandes rodillos: el *rodillo de pecho*, cerca de la caja de entrada y el *rodillo couch* en el extremo opuesto. El *rodillo de pecho* es sólido y sirve solamente para sostener la *tela de formación* en el sistema Fourdrinier típico. El *rodillo couch* consta de una carcaza hueca y perforada en cuyo interior se localizan una o dos cajas de succión con alto vacío para **desgotar** la hoja. En la mayoría de las máquinas de papel, la fuerza motriz necesaria para hacer girar la *sección de formación*, se aplica al *rodillo couch* y al *rodillo de retomo* de la tela. Los diversos elementos entre el *rodillo de pecho* y el *couch* tienen el doble propósito de sostener la *tela de formación* y remover el agua. Existe un gran número de configuraciones diferentes que pueden ser aplicadas en función de los requerimientos particulares.

La función de la *caja de entrada* es la de distribuir la pasta en la superficie móvil de la *tela de formación*, transformando el flujo a través de una tubería en un flujo rectangular, uniforme e igual en ancho al de la máquina de papel.

El drenado de agua en la *sección de formación* se lleva a efecto por medio de gradientes de presión hidráulica. Tales gradientes son inducidos por los elementos de drenado dispuestos a lo largo de la *tela de formación*. En el área de drenado "libre", los gradientes de presión son producidos por fuerzas de succión hidrodinámicas conforme la tela de formación va pasando tanto sobre los *rodillos desgatadores rotatorios* o los soportes estacionarios. Mas adelante, se emplean diversos elementos de vacío para remover mayor cantidad de agua.

1.3.2.2.- Sección de prensado.

La función de la *sección de prensado* es la de remover agua de la hoja de papel sin afectar negativamente su calidad y transportarla a la *sección de secado*. La operación de prensado puede considerarse como una extensión del proceso de remoción de agua iniciado en la *sección de formación*.

Es mucho más económico remover agua por medios mecánicos que por evaporación, de tal manera que el fabricante de papel siempre esta buscando métodos para mejorar la eficiencia de prensado y reducir la carga de vapor requerida para la *sección de secado*. La hoja y el fieltro se prensan entre dos rodillos rotatorios (*prensa*). El fieltro proporciona un espacio para alojar el agua expulsada de la hoja.

El detalle de la operación y características de la *sección de prensado en húmedo* se detalla en el siguiente capítulo.

1.3.2.3.- Sección de secado.

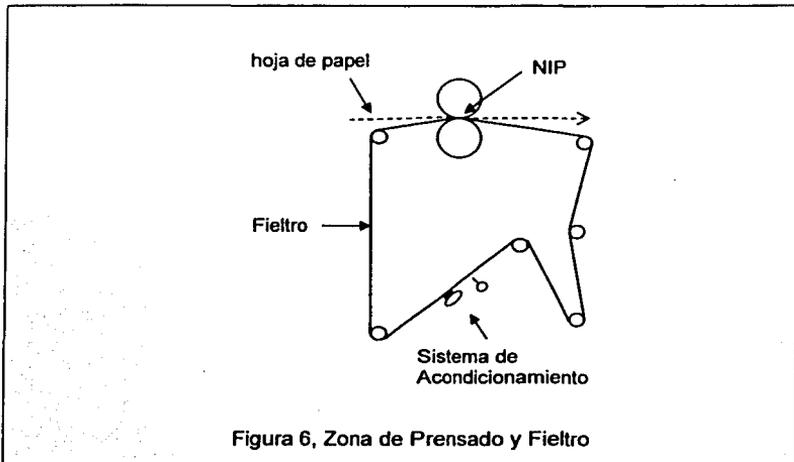
El proceso de secado empieza, de hecho, tan pronto como la hoja abandona el último nip de prensado. En este punto el papel contiene entre 50 y 68 % de agua y tiene muy poca resistencia. La primera operación consiste en poner cuidadosamente la hoja en contacto con una serie de secadores calentados por medio de vapor hasta que solo quede un 6 - 8 % de agua remanente en el papel. En este momento, el papel ya tiene la suficiente resistencia como para ser sometido a etapas subsecuentes de proceso. La operación de secado tiene tres objetivos fundamentales: evaporar el agua de la hoja a una velocidad razonable, minimizar el uso de energéticos y mantener en el papel estándares aceptables de calidad y uniformidad.

Después de que la hoja se ha secado, se enrolla en una bobina que se "prensa" contra un tambor. Esta es la operación final en la máquina de papel. A diferencia de todas las operaciones previas que son continuas, el enrollado del papel es una operación intermitente hecha en forma de lotes. Una vez que el papel se ha enrollado al diámetro deseado, se retira la bobina, se corta el papel y se comienza a enrollar automáticamente en la siguiente bobina.

2.- Sección de Prensado húmedo de las máquinas de fabricación de papel.

2.1.- Descripción.

La hoja y el Fieltro se prensan entre dos rodillos rotatorios en la *zona de prensado*. Generalmente el rodillo superior esta cargado mecánicamente (por cilindros neumáticos) para crear la presión deseada en la *zona de prensado*. La carga lineal en la *zona de prensado* es la suma de la carga mecánica y el peso del rodillo superior, dividida por la longitud de la superficie de contacto en la *zona de prensado*. Después de este paso de compresión llamado *nip*, el fieltro pasa a través del equipo de limpieza y acondicionamiento y regresa al *nip*. Cada recorrido de fieltro tiene su propio mecanismo de guiado y de aplicación de tensión para asegurar que el fieltro corra siempre alineado a la dirección máquina y sometido siempre a una tensión adecuada, como se ilustra en la figura 6.



En el **nip**, una cara de la hoja esta usualmente en contacto con un rodillo duro y liso, hecho generalmente de granito o bien en contacto con un rodillo recubierto de hule. El rodillo de contacto con el fieltro tiene en su superficie algún tipo de hueco: orificios ciegos o ranuras, a fin de contar con un lugar hacia el que pueda fluir el agua que deja pasar el fieltro.

El prensado se lleva a cabo usualmente en una serie de **nips** consecutivos -comúnmente tres- en los que se utiliza gradualmente mayor presión. La remoción de agua en la sección de prensado está en función de la presión aplicada en el **nip**, del tiempo que la hoja esta sometida a presión, llamado *tiempo de residencia* y la temperatura del sistema. En términos generales, a mayores presiones, tiempos de residencia más prolongados y temperaturas mas elevadas, mayor será la sequedad o también llamada *consistencia* de la hoja a la salida de la sección de prensado.

El papel y el fieltro son estructuras capilares parcialmente saturadas con agua y capaces de comprimirse, sin embargo el fieltro tiene capilares más grandes, está menos saturado de agua que el papel, y es mucho más resistente a la compresión.

Hasta la fecha, se acepta generalmente que la teoría propuesta por Borje Whalstrom en 1960, referente a los mecanismos de remoción del agua en el nip, es básicamente correcta. El agua es exprimida de la hoja de papel hacia el fieltro en la fase de compresión y algo de esta agua es reabsorbida por el papel del fieltro en la fase de expansión.

Por conveniencia se considera que el prensado se realiza en cuatro diferentes etapas basadas principalmente en los mecanismos que involucran la transferencia del agua, como se ilustra en la figura 7.

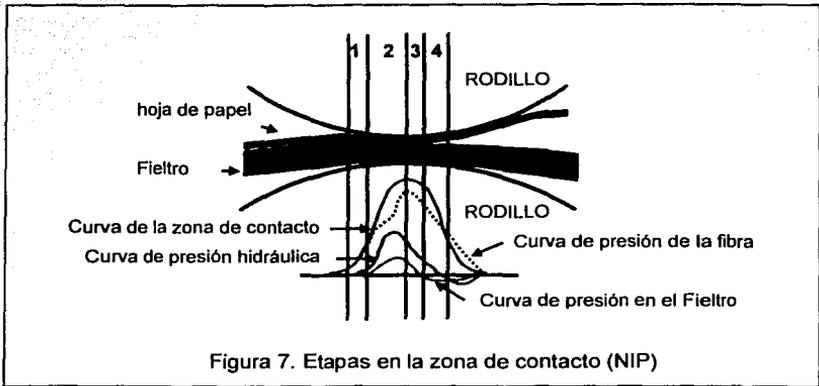


Figura 7. Etapas en la zona de contacto (NIP)

La etapa 1 comienza en la entrada a la zona de contacto, en donde empieza la curva de la presión de prensado, y se extiende hasta el punto en que el papel se ha saturado. El fieltro está sin saturar durante toda la etapa 1. En esta etapa no se desarrolla ninguna resistencia hidráulica. La presión total de la hoja crece a causa de la compresión. Durante esta etapa, se escapa aire tanto del papel como del fieltro. La transferencia de agua puede producirse únicamente por la acción de las fuerzas capilares. En esta etapa, es de esperar una variación muy pequeña del contenido seco del papel. Toda la presión total se consume en comprimir la estructura fibrosa.

La etapa 2 se extiende desde el punto de saturación de la hoja hasta el punto central del nip o punto máximo de la curva de la presión total de prensado en la zona de contacto. La hoja de papel ha llegado a la saturación, la presión hidráulica aumenta y el agua es expulsada del papel al fieltro. Si el fieltro alcanza a saturarse, se generará una presión hidráulica en esta estructura por lo que el agua se desplazará hacia zonas de menor presión, si el rodillo inferior de la prensa dispone de receptáculos hacia allá emigrará el agua. Si el fieltro no alcanza la saturación, no habrá corriente libre de agua hacia fuera del fieltro. La fuerza de compresión que actúa sobre la estructura del fieltro y la fibra aumenta durante

toda esta fase. Se ha demostrado que la presión hidráulica en el fieltro y en el papel alcanza un máximo un poco antes de la mitad del **nip**.

La etapa 3 se extiende desde el punto máximo de la presión en el **nip** hasta el punto correspondiente al máximo contenido seco del papel. En esta zona de expansión, el Fieltro pasa del punto en que es nula la presión hidráulica, y de nuevo vuelve a estar sin saturar. La curva de la presión total de prensado disminuye. Esto significa que la hoja consigue estar más seca después de la mitad del **nip** mientras exista un gradiente de presión hidráulica con el fieltro. En esta fase la hoja continúa comprimida mientras que el fieltro se expande totalmente. A causa de alguna corriente lateral de agua en el **nip**, el fieltro puede saturarse en una parte pequeña de esta fase; si se satura, el fieltro pronto llega a no estar saturado, esto crea un vacío, forzando aire y agua a entrar hacia el interior del fieltro desde la superficie de éste o de los receptáculos del rodillo inferior.

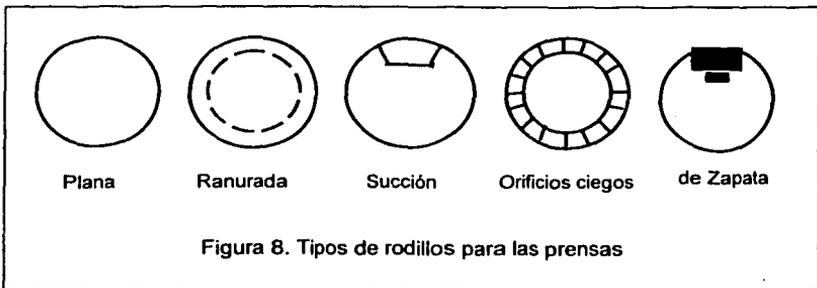
La etapa 4 comprende el punto en que el papel comienza a expansionarse y queda sin saturar. El Fieltro no está saturado durante toda esta etapa, y sigue expandiéndose. En ambos materiales se crea una presión hidráulica negativa. El papel entra en la máxima sequedad y reabsorbe agua del fieltro, así también el vacío debido a la expansión será más grande en el papel que en el fieltro, creando dos corrientes simultáneas de aire y agua, una en el fieltro y otra del fieltro al papel. La reabsorción de agua del papel en la fase 4 es conocida como una seria limitación principalmente en los papeles delgados. Tres diferentes mecanismos se han postulado para explicar esta situación: (1) la diferencial de presión creada entre el fieltro y el papel debido a la expansión principalmente del papel; (2) la partición de la película de agua que se origina cuando el papel y el fieltro se separan; y (3) la transferencia de agua por capilaridad entre el papel y el fieltro. De acuerdo a la teoría, la rehumectación es minimizada por una menor diferencia en estructura capilar entre el fieltro y el papel; esto se ajusta bien con el hecho de que los fieltros densos y las hojas de papel comprimidas dan menos rehumectación. Un valor alto de expansión del fieltro es también benéfico para reducir la

rehumectación. Es reconocido que se produce una rehumectación adicional después de la zona de prensado a no ser que hoja y fieltro sean separados inmediatamente; todos los modernos diseños de prensas facilitan esta separación. Frecuentemente el fieltro envuelve el rodillo en contacto, mientras que la hoja se adhiere al rodillo liso y duro.

El buen desarrollo de la remoción de agua del papel por prensado, lleva a considerar importantes factores, por ejemplo el fieltro debe dar una distribución de presión perfectamente uniforme en la zona de prensado o nip; tener una adecuada permeabilidad cuando esta comprimido para permitir el paso del agua exprimida del papel, o sea, la más baja resistencia al flujo de agua; y la menor posibilidad de rehumectación a la salida del nip. Por otra parte cuando el fieltro alcanza la saturación, son necesarios algunos receptáculos para recibir el agua exprimida del fieltro. Respondiendo a estos condicionamientos los constructores de máquinas de papel han creado diferentes tipos de prensas y equipo auxiliar a fin de permitir una mayor eficiencia en la remoción de agua.

2.2.1.- Tipos de prensas.

La figura 8 ilustra los esquemas típicos de los diferentes tipos de rodillos para las prensas.



Prensa Plana. Es el primer diseño de prensa, constituida por dos rodillo sólidos de superficies planas, de materiales como: acero o hierro fundido, cubiertos con hule o con aditivos minerales o de granito.

Conforme la hoja y el fieltro entran en el nip, la presión mecánica es mayor y el agua contenida en la hoja migra hacia el fieltro; cuando el fieltro llega a saturarse, la presión hidráulica se incrementa y el agua es forzada a salir de éste. El agua fluye lateralmente en contra de la dirección de movimiento sobre la máquina. La resistencia al flujo es alta, debido a la larga trayectoria y al efecto de bloqueo por parte de la estructura del fieltro. Por lo que las posibilidades de remoción de una prensa plana con un fieltro de tejido convencional se limitan. Si la presión se incrementara un poco más, el incremento de la presión hidráulica sería en una mayor proporción, lo que originaría un mayor flujo de agua, esta situación puede propiciar el deterioro o destrucción de la formación de la hoja conocido como *crushing*.

Prensa de Succión. La introducción del rodillo de succión a los sistemas de prensado proporcionó un medio para poder remover mas agua en el nip. Está constituida por dos rodillos, uno sólido y el otro hueco perforado. El rodillo de succión tiene generalmente una coraza de bronce o acero inoxidable cubierta de hule de aproximadamente 2 cm. de espesor. Los agujeros son de aproximadamente 4 a 5 mm de diámetro y hacen un total de 18 a 24 % de área abierta. Este tipo de prensa esta diseñada para una presión máxima de 90 Kg/cm. (500 pli). Los agujeros del rodillo perforado proporcionan una ruta de salida más fácil para el agua. El agua retenida en los agujeros debido al vacío de una caja estacionaria situada en el interior del cilindro se descarga en el lado de salida de la zona de prensado por efecto de la fuerza centrífuga y al ya no estar en la zona de vacío. Algo de agua es capaz de fluir directamente por los agujeros, pero la mayor parte debe desplazarse lateralmente. La construcción de la camisa perforada - tamaño de los orificios, número y patrón de las perforaciones- limita la fortaleza de ésta y por lo tanto la presión que puede ser aplicada, siendo la rotura por fatiga de

los rodillos un problema continuo a lo largo de los años. Las áreas firmes son los puntos de presión en este sistema y la distribución de la presión en la hoja entre los orificios y éstas es irregular. A menos que el fieltro iguale dichas diferencias de presión, se efectuará una irregular remoción de agua en la hoja, por lo que estará mas húmeda en las áreas abiertas, ocasionando un sombreado llamado marca de prensa o *shadow marking* en la hoja de papel. La prensa de succión es usada extensivamente en las primeras posiciones, pero es reemplazada por otros tipos de prensa en las posiciones posteriores.

Prensa ranurada. Esta prensa de flujo transversal es básicamente una prensa plana, en la cual ambos rodillos son sólidos, siendo uno plano y el otro con ranuras continuas solo sobre la superficie. Las ranuras forman receptáculos fácilmente accesibles para el agua exprimida. El ranurado en la superficie permite el 16 % de área abierta. Las ranuras helicoidales normalmente tienen una profundidad de 2.54 mm (0.1 pulg.), un ancho de 0.5 mm (0.02 pulg.) y 3.2 mm (0.125 pulg.) entre centros, es decir, 8 ranuras por pulgada. La distancia lateral máxima de recorrido del agua en las prensas ranuradas es de 1.25 mm, en comparación con las cifras típicas de 5 a 19 mm, respectivamente para una prensa de succión. Dado que el rodillo ranurado es macizo, pueden aplicarse mayores presiones. El agua retenida en las ranuras es expulsada por la fuerza centrífuga combinada con una *regadera de purga* dirigida en contra de la rotación del giro del rodillo y mediante la acción de cuchillas. La distribución de la presión en la hoja de papel es mejor a causa del espacio más continuo de las áreas firmes. Se necesitan frecuentemente construcciones especiales de fieltros para prevenir el marcado de la ranura en la hoja de papel.

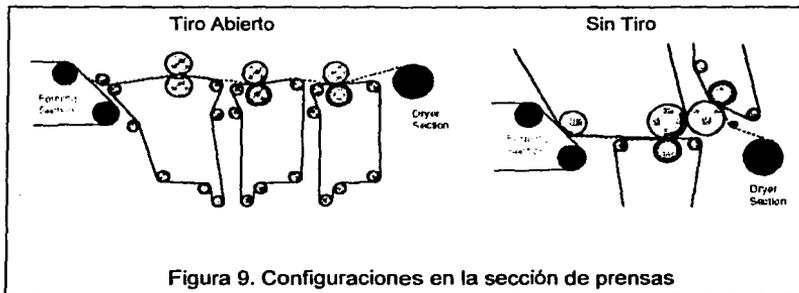
Prensa de orificios ciegos. Los rodillos de orificios ciegos son similares a los rodillos de succión, excepto que los orificios no atraviesan totalmente la carcasa del rodillo. El rodillo de orificios ciegos esta constituido por un rodillo liso con un recubrimiento de goma o poliuretano con orificios de diámetro entre 2.3 a 4.0 mm y de profundidad 10 a 13 mm. El área abierta es de 14 a 26 %.

En comparación con el rodillo ranurado, los rodillos de orificios ciegos proporcionan cinco veces más volumen hueco y 33 % más de superficie abierta. Estos aspectos en combinación con el incremento en el tiempo de permanencia en el nip, provee las condiciones para un desempeño superior.

Prensa de Zapata. Se caracteriza por una zona de prensado muy ancha de doble fieltro, una zapata sin rotación y una banda impermeable para crear un nip de 25.4 cm. (10 pulgadas) de ancho capaz de alcanzar una presión de 1071 Kg./cm. (6000 pli). Esta prensa no solo proporciona una mayor sequedad de la hoja de papel, sino que también un mayor grado de enlace en la hoja debido a la mejor consolidación de su estructura. La zapata está continuamente lubricada con aceite para actuar como cojinete deslizante para la banda. En esta prensa se logra un gran aumento en la eliminación del agua de la hoja de papel por que la presión se mantiene durante un largo periodo o tiempo de permanencia, hasta ocho veces el obtenible con prensas de rodillos.

2.2.2.- Configuraciones de la sección de Prensado.

La figura 9 ilustra los esquemas típicos de las diferentes configuraciones de prensas.



Configuraciones de tiro abierto. La configuración de prensado más sencilla, actualmente en operación, es la de tiro abierto. El término tiro abierto se define como cualquier área en la que la hoja de papel no esté sostenida por un fieltro. El tiro abierto se presenta por primera vez en el proceso, cuando la hoja es transferida desde la tela de formación hacia el fieltro de la primera prensa y se presenta otra vez en el punto de transferencia entre los fieltros de la primera y de la segunda prensas. Este tipo de configuración de prensado se usa principalmente en máquinas de papeles kraft, cartulinas recubiertas, corrugado medium y especialidades de papeles finos. Estas máquinas corren a velocidades máximas de 700 m/min., en combinaciones de dos prensas en el caso de papel y cartulinas ligeras y de tres prensas en el caso de papeles cafés pesados. En estos últimos casos se utilizan también arreglos de dos prensas provistas de dos fieltros cada una.

Algunas de las ventajas de este tipo de configuraciones son la facilidad de operación y de paso de guía del papel, así como una facilidad para el cambio de fieltros y que también debido a un diseño simplificado redonda en bajos costos de operación e inversión. Sin embargo, la transferencia de la hoja en los tiros abiertos limita una operación segura a mayores velocidades y, por otra parte, hay una cara de la hoja de papel más lisa que la otra por el contacto siempre con los rodillos lisos.

Configuraciones sin tiro. Este tipo de configuraciones surgió con el objetivo de reducir o eliminar las transferencias de la hoja de papel en el tiro abierto, para poder incrementar la velocidad de operación. El primer desarrollo consistió en el rodillo de succión que permite "levantar" la hoja de la tela de formación por medio del vacío ejercido a través de una cámara interior. A partir de este paso y de la revisión de los problemas relacionados con la operación de las configuraciones de tiro abierto, resultaron varios requerimientos para poder contar con secciones de prensado capaces de operar eficientemente a alta velocidad, como son el tener tres nips eficientes antes de la transferencia a la sección de

secado, así como la disposición eficiente del recorte a un sistema recolector por debajo del recorrido de la hoja y con un mínimo requerimiento de espacio en comparación con una sección de tiro abierto de tres prensas.

Debido a lo anterior, las secciones sin tiro han permitido alcanzar récord de velocidad y producción en varios grados de papel.

2.2.- Importancia en la fabricación de papel.

La remoción de agua por medio del prensado ha sido una parte integral en la manufactura del papel y la sección de prensas es una de las áreas más críticas de la máquina de papel respecto a eficiencia y producción.

La remoción de agua por medio del prensado nunca ha sido el único efecto deseable, sino también un aspecto importante es la influencia sobre la densificación de la hoja de papel y de este modo sobre las propiedades por las cuales se caracteriza la calidad del papel, así como también entre más seca está una hoja, mayor es su resistencia. En consecuencia, es altamente deseable remover tanta agua como sea posible en la sección de prensado antes de que la hoja tenga que viajar hacia la sección de secado sin la ayuda que le proporciona un fieltro, tanto desde el punto de vista eficiencia operativa como de ahorro de energía.

3.- Diseño de Filtros.

3.1.- Definición.

Brevemente, un fieltro actual es una estructura 100 % sintética comprendida de una base tejida de 1, 2, 3 o 4 capas, o por alguna combinación de éstas para dar un fieltro laminado y fibra agujada, la cual provee una estructura relativamente incompresible en el interior y una estructura relativamente compresible circundando la estructura interior, como se ilustra en la figura 10.



Figura 10. Esquema de un Fieltro

Desde el punto de vista operacional en la máquina de papel, el fieltro es el medio que recibe el agua expelida de las fibras que forman la hoja de papel en esta etapa del proceso de fabricación, y es hoy como lo fue desde el tiempo en que se inventó el papel, una estructura **afelpada**.

3.2.- Manufactura del Fieltro.

La utilización de los fieltros se puede considerar que se inició desde el mismo momento cuando Tsai Lun en China alrededor del año 100 DC., descubrió un método para producir una hoja de papel, y utilizó un paño para secar la hoja

formada. A principios del siglo XI en Europa el papel se hacía a mano, usando fieltros hechos por la aglomeración de lana o de pelo de animal para remover el agua de la hoja de papel formada; en el siglo XVIII esos fieltros fueron sustituidos por vestiduras de lana que se tejían y posteriormente se *afelpaban*. En 1799 se inventó la primera máquina de papel y entre 1830 y 1845 la fabricación del papel a mano prácticamente desapareció. A fines del siglo pasado, los fieltros tejidos de lana se hicieron tanto para la sección de prensado como para la de secado, y los diseños eran relativamente sencillos.

A mediados de los años 20, sólo uno o dos estilos estándar de fieltros estaban disponibles para papel periódico, tres o cuatro para papeles finos, y sobre el mismo número para revistas y libros.

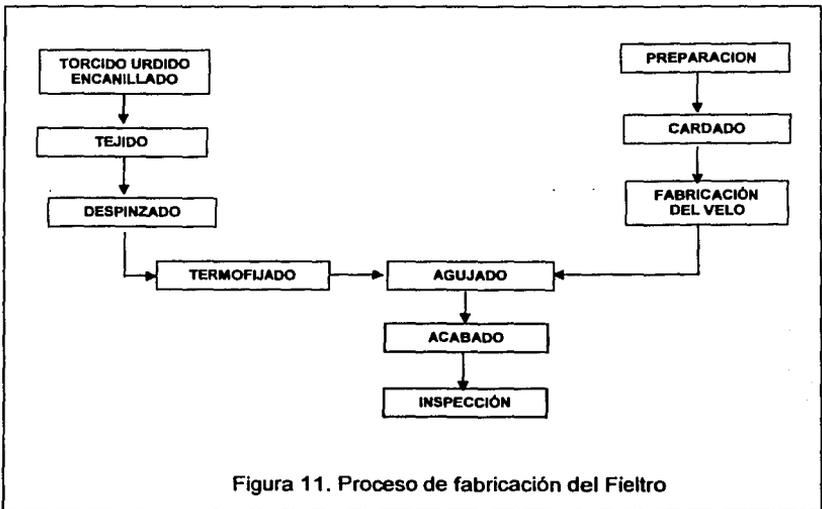
En 1930, la velocidad de las máquinas de papel había aumentado a aproximadamente 300 m/min. Para cumplir con estos nuevos requerimientos, tuvieron que ser desarrollados nuevos diseños de fieltros y técnicas de fabricación.

El desarrollo de los materiales sintéticos durante la Segunda Guerra Mundial, permitió en los años 50 mejoras adicionales en las vestiduras y la desaparición de los fieltros convencionales hechos de lana. Las fibras de material sintético demostraron tener mejores características de resistencia y durabilidad para las máquinas más anchas y rápidas. Al inicio el contenido sintético permaneció en un 30 % porque los fieltros hechos con estas fibras no podían *afelparse* por el proceso natural. En 1960 se hizo posible el *afelpado* mecánico del fieltro por medio del **agujado** y el contenido sintético pudo por lo tanto incrementarse; en 1970 los fieltros tenían en promedio no menos de 50 % de material sintético.

Los fieltros *agujados* han presentado un continuo desarrollo casi desde su aparición con el objetivo de incrementar su capacidad de manejo de agua y conservarla sobre un largo período, resistiendo la degradación química y

mejorando la sequedad de la hoja de papel. Debido a lo anterior, no hay fieltros universales y tanto su diseño como su manufactura son únicos para las necesidades de cada posición en la máquina de papel.

El proceso de manufactura de un fieltro puede integrarse en cuatro etapas que comprenden: primera, la fabricación de la malla (base del fieltro), la segunda, la fabricación del velo (fibra corta que circunda a la base), tercera, el agujado, con el que se consigue la integración de la malla y el velo para formar el fieltro y cuarta, el acabado, como se ilustra en la figura 11.



Fabricación de la malla (base).

Para la fabricación de la base, se pueden utilizar tres tipos de hilos: monofilamento, multifilamento e hilados.

Fabricación del hilo. Los monofilamentos y multifilamentos, son obtenidos por la fundición de los polímeros básicos, posteriormente son pasados a través de finos moldes de extrusión. Después de la extrusión, los filamentos obtenidos son estirados para asegurar la orientación de la cadena molecular, con lo que se obtiene un material de alta resistencia con baja elongación. Estos materiales son torcidos para dar "cuerpo" al hilo.

Los hilos hilados son preparados por técnicas estándar textiles. Estos hilos pueden ser hechos de lana o con fibras sintéticas. Primeramente las fibras son mecánicamente mezcladas, posteriormente esa mezcla es cardada con el objeto de orientar las fibras en forma paralela y obtener una especie de hilo llamado *pabilo*, que es voluminoso y sin consistencia, por lo que es enviado a una máquina llamada *torcedora* para que mediante torsiones se obtenga un hilo resistente de forma cilíndrica. Estos hilos comúnmente son llamados *spun*. Los hilos de multifilamento y *spun* pueden ser combinados mediante torsión con la finalidad de obtener un hilo de mayor resistencia.

Tejido. El proceso de tejido es básicamente el entrelazamiento en ángulos rectos de dos sistemas de hilos llamados *urdimbre* y *trama*. Los hilos de urdimbre son colocados en la parte posterior del telar de tejido, sobre secciones o carretes montadas en un tubo llamado Julio y que posteriormente, pasa a través de unos ojillos de mallas integradas en unos marcos llamados tablas, y finalmente a través de un marco más pequeño con laminas espaciadas regularmente llamado peine. Las tablas en su movimiento de subir y bajar forma una abertura de forma triangular al frente del peine llamada calada. El hilo de trama es insertado a través de la calada por un dispositivo llamado *lanzadera*. Después de que el hilo de trama pasa a todo lo largo de la calada, el peine avanza para empujar el hilo de trama ajustándolo a la tela, y posteriormente se mueve regresando a su posición inicial. Las tablas cambian de posición, produciendo una nueva calada para que el próximo hilo de trama sea colocado, como se ilustra en la figura 12.

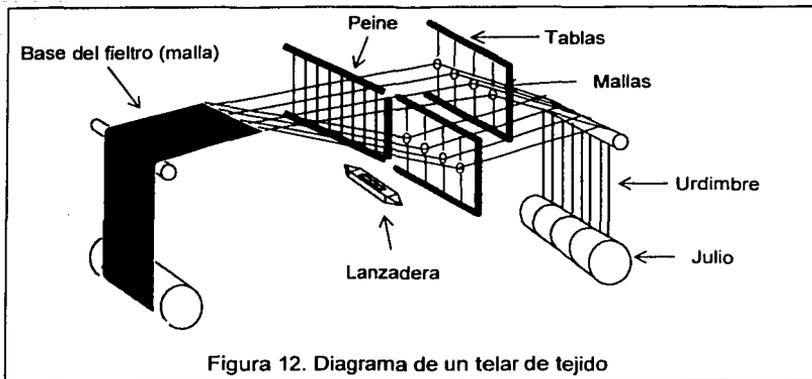


Figura 12. Diagrama de un telar de tejido

Los diferentes patrones de tejido proveen bases para los fieltros con diferentes características, así como también construcciones multicapa, que se forman al tener dos o más niveles de de hilos de trama con un hilo de urdimbre. Es común tener hilos diferentes de trama en cada nivel o capa. Los diferentes patrones de tejido son afectados cambiando el tipo de hilo, densidad, forma y tamaño, que permiten obtener diferentes características a fin de satisfacer ciertas particularidades en los fieltros que se requieren para una eficiente operación en la máquina de papel. Los patrones de tejido más comunes se ilustran en la figura 13.

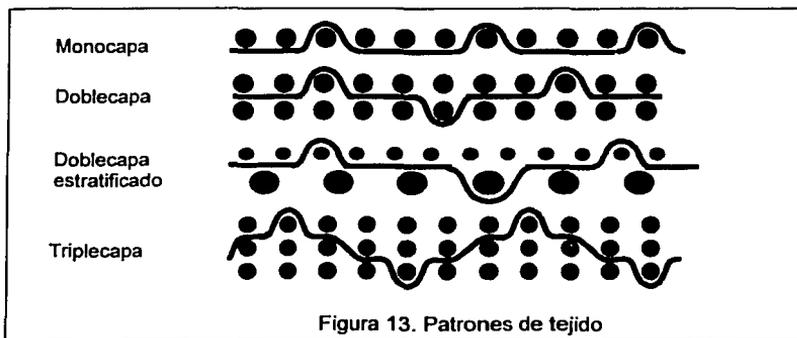


Figura 13. Patrones de tejido

Fabricación del velo.

El velo esta formado por el cardado de una mezcla de fibras de uno más **denier** que son seleccionadas en base a la aplicación deseada. Esta mezcla de fibras es colocada en una máquina conocida como *carda*. La *carda* esta constituida por una serie de cilindros cubiertos de una vestidura compuesta de púas que se encargan de orientar, distribuir uniformemente y paralelizar las fibras para constituir la capa de velo.

Agujado.

El agujado, es el proceso de anclaje de fibras de velo en forma mecánica, que sustituyo al proceso de afelpamiento. Un fieltro agujado, como se mencionó anteriormente, está constituido de dos partes esenciales: la base tejida y el velo.

El velo es colocado sobre la base tejida justamente antes de pasar por la zona de agujado del telar de agujas. Las características del velo, así como el número de capas puede variar y además puede ser aplicado en solo una o ambas caras de la base, así como también la longitud de penetración de las agujas y el número de pasadas de **remallado** contribuyen para determinar el acabado superficial, la permeabilidad y densidad del fieltro.

Las agujas colocadas perpendicularmente al viaje del fieltro están equipadas con muescas minúsculas llamadas barbas, que durante el viaje hacia el interior de la base sujetan unas cuantas fibras de velo y las integran al interior y superficie de la base, como se ilustra en la figura 14.

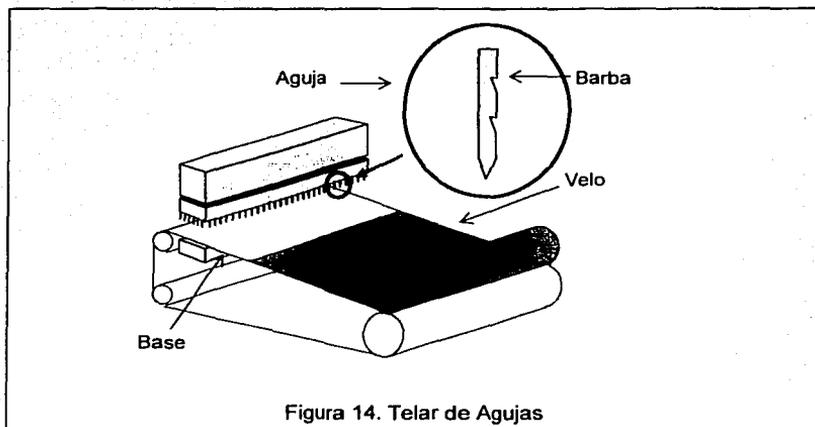


Figura 14. Telar de Agujas

Acabado.

Las operaciones de acabado son muy diversas y no todos los filtros son sometidos a ellas, estas operaciones pueden ser el lavado, aplicación de un tratamiento químico, chamuscado, termofijado, precompactado, aplicación de línea transversal de referencia, refileado y sellado de orillas e inspección final. Los objetivos de estas operaciones es la de dar buena apariencia, estabilidad dimensional y dar las características finales especificadas por el diseño.

3.3 Etapas para el diseño.

3.3.1.- Análisis de la información.

En la manufactura del papel tenemos que considerar dos factores clave como es la eficiencia en la producción y la alta calidad requerida del papel. En la

manufactura de papel de impresión y escritura son muy altas las demandas en el proceso de producción para asegurar que el papel cumplirá con las especificaciones dadas.

La selección del fieltro, es de considerable importancia para la buena operación de la máquina y de las propiedades finales del papel.

Varios factores influyen en la selección del diseño del fieltro: el tipo de materia prima para fabricar el papel, la calidad del papel, el tipo de prensa y posición, son ejemplos de factores que tienen una influencia directa sobre cual tipo de fieltro se debe usar. Sin embargo, los factores que tienen la mayor influencia son el volumen de agua que deben manejar y la carga lineal en la prensa.

Los cambios en las máquinas de papel y en el desarrollo de fieltros han modificado los requerimientos de desempeño dramáticamente, como son: altas cargas de prensado, más duros los rodillos de las prensas, mayores velocidades y mayor expectativa con respecto a la vida del fieltro.

En resumen, la selección del diseño o determinación de las especificaciones del fieltro, requiere de la siguiente información básica:

- ✦ Tipo de papel y rango de gramaje.
- ✦ Materia prima utilizada para su fabricación.
- ✦ Configuración de la máquina y posición.
- ✦ Velocidad de la máquina.
- ✦ Tipo de Prensa y presión en el nip.
- ✦ Equipo de acondicionamiento disponible.

Tipo de papel y gramaje. El tipo de papel y gramaje son factores de importante consideración debido a las diferencias en la morfología de la fibra utilizada, peso y características específicas de cada tipo de papel.

Materia prima utilizada para su fabricación. La madera es la principal fuente de fibras celulósicas para la manufactura del papel, mientras que fuentes no madereras como el bagazo de caña de azúcar, pajas de cereales, algodón, y el bambú suministran el resto de los requerimientos mundiales de fibras vírgenes.

Como se mencionó en el capítulo 2, dada la complejidad y diversidad de *grados* de papel que comprende este rubro, las materias primas a partir de las cuales se fabrican son igualmente diversas. Estas van desde un 100 % de fibras recicladas hasta prácticamente un 100 % de fibras vírgenes, dependiendo más que nada, del tipo de papel de que se trate y de sus características.

Configuración de la máquina y posición. Como se mencionó en el capítulo 3, se pueden considerar en dos grandes grupos las configuraciones de las máquinas de papel; las de *tiro abierto* y las de *sin tiro*, cada una de ellas con distintas demandas para el fieltro, así como también influye grandemente la posición donde va a estar en operación el fieltro y que permiten establecer diferentes requerimientos para los fieltros que el diseñador debe conocer sobre su comportamiento para su mejor desempeño en la fabricación del papel.

Velocidad de la máquina. La velocidad de la máquina es un factor importante, debido a que conforme se incrementa ésta, se hace más difícil la remoción de agua como consecuencia de un menor tiempo de permanencia en el **nip**.

Tipo de Prensa y presión en el nip. La presión aplicada en la prensa tiene una gran influencia en el ancho del **nip**, así como también junto con factores relacionados a los rodillos de la prensa como son: el diámetro, la dureza de sus recubrimientos, y relacionados con el fieltro como es el espesor y nivel de compresibilidad. Las altas cargas de prensado y recubrimientos más duros de los rodillos, requieren características de los fieltros para soportar estas demandas mecánicas como son: fieltros más robustos y con alta resistencia a la

compactación. Mientras que a bajas presiones se requiere un fieltro relativamente compresible, que cumpla con la remoción de agua requerida por estas condiciones, pero que conserve su espesor o volumen hueco aceptable durante su operación en máquina.

Equipo de acondicionamiento disponible. Cada vez que el fieltro cumple con la función de remover agua de la hoja de papel en el nip de la prensa, se requiere de un equipo que permita su acondicionamiento para volver a cumplir con su objetivo. La ausencia o niveles de eficiencia de este equipo auxiliar, son una de las principales consideraciones para el diseño del fieltro. Estos equipos auxiliares son por lo general: cajas de vacío, regaderas de alta presión, regaderas de lubricación y regaderas para aplicación de productos químicos de limpieza para el fieltro.

Dependiendo de la capacidad de vacío en las cajas y en la prensa de succión determinará la estructura de la base del fieltro, por ejemplo, una baja capacidad de vacío obligará al uso de fieltros monocapa y abiertos y conforme la capacidad de vacío sea mayor, permitirá el uso de fieltros multicapa. Por otra parte, también los sistemas de limpieza influyen en el tipo de fibra seleccionada para el velo del fieltro.

3.3.2.- Creación del diseño.

El diseñador de fieltros debe constantemente reevaluar los parámetros de diseño, así como el desarrollo en la construcción del fieltro. El diseño del fieltro siempre ha involucrado un balance de algunos parámetros que funcionan muy bien en una asociación que inclusive llegan a contraponerse (sinergia).

Con la primera generación de fieltros, los cuales no tenían fibra agujada, todos los parámetros de desempeño involucraban el diseño de la base. Los

parámetros de drenado, acabado de la hoja y vida del fieltro son directamente relacionados, por ejemplo: dando un hilo longitudinal -dirección máquina- muy fuerte en la base del fieltro para incrementar la vida del mismo, lo cual traerá un efecto negativo en el acabado de la hoja, y quizás en el drenado debido a la compresibilidad del fieltro y la distribución de presión.

Estos parámetros cambiaron con la aparición del fieltro agujado y además debido a una estructura más compleja, más variables tienen que ser consideradas. Una masa de velo agujado fue necesaria para enmascarar la base del fieltro y con esto evitar la marca de la hoja de papel, así como mejorar la distribución de presión en el nip. Algunos de estos parámetros están aun involucrados en una sinergia, por ejemplo: dando una fibra más fina en el velo de la superficie del fieltro, se incrementa el área de contacto con la hoja de papel, lo cual resulta positivo respecto al drenado de la hoja de papel, pero traerá como consecuencia un incremento en la resistencia al flujo en el fieltro, lo cual puede ser negativo con respecto al drenado del agua, como se ilustra en la figura 15.

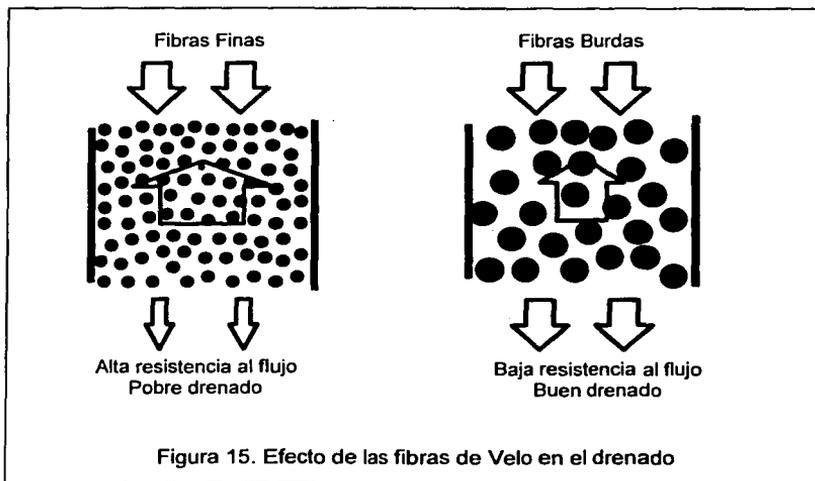


Figura 15. Efecto de las fibras de Velo en el drenado

La selección del fieltro es de una importancia considerable en el desempeño de la máquina y también sobre las propiedades finales del papel. Con la elección del correcto diseño del fieltro para cada posición, se puede influir en el resultado final de varios aspectos relacionados con los requerimientos de calidad del papel y relativos a la eficiente producción, por ejemplo, para papeles de escritura e impresión:

Requerimientos de calidad del papel.

- + La mayor sequedad de la hoja de papel a la salida de prensas debe ser tan alta como sea posible.
- + La sequedad y espesor del papel debe ser tan uniforme como sea posible tanto en dirección transversal como longitudinal.
- + La suavidad y lisura por cada cara de la hoja de papel debe ser lo más similar posible.
- + El papel no debe tener alguna marca proveniente de la base del fieltro.
- + El papel no debe tener alguna marca proveniente de la prensa de succión, orificios ciegos o de ranura.

Requerimientos de producción.

- + El fieltro debe dar su máxima remoción de agua en el menor tiempo posible desde su instalación (acondicionamiento).
- + El fieltro no debe causar algún problema de vibración y debe ser capaz de minimizar las inherentes a la prensa.
- + El fieltro debe mantener sus características de buena operación durante el mayor tiempo posible.
- + El fieltro debe tener buena estabilidad dimensional tanto longitudinal como transversal.
- + El fieltro no debe presentar una suave y fácil instalación.

Cada uno de los requerimientos anteriormente especificados, pueden ser alcanzados por una o más propiedades del fieltro. Cuando se establece la prioridad de algunos de estos requerimientos, se pueden considerar primeramente para las etapas del diseño.

Como regla, para diseñar un fieltro que proporcione una mínima cantidad de cambios en sus parámetros de desempeño, necesitamos identificar las áreas que son responsables de la variación del comportamiento en la maquina de papel. En el análisis de un fieltro usado y comparado con respecto a nuevo, claramente demuestra que el velo es el componente dentro de la estructura que ha cambiado grandemente. El calibre de la base del fieltro relativamente no ha cambiado, sin embargo el velo esta extremadamente compactado. Si este es el caso, entonces es deseable la reducción de la cantidad de velo presente en el fieltro.

Compresibilidad. El concepto de compresibilidad es uno de los más importantes en el diseño de fieltros. Las características de compresibilidad del fieltro pueden alterar drásticamente la efectividad del ancho en el *nip* y el máximo pico de presión alcanzado dentro del *nip*; también de esta manera influye la cubierta de la prensa, por ejemplo, una prensa con cubierta suave producirá un *nip* más ancho y un pico de presión menor que una de mayor dureza. Los principales parámetros del fieltro involucrados con las consideraciones de compresibilidad son: el *volumen hueco* y el calibre en el *nip*.

El volumen hueco puede ser definido como la capacidad del fieltro para el manejo de agua bajo compresión y el *% de este volumen hueco* es un indicador de la fracción total del volumen disponible para aceptar agua. El *volumen hueco*, el *% del volumen hueco*, la masa y la permeabilidad al aire y agua son consideraciones importantes para el diseño de un fieltro de una posición en particular y todas deben ser seleccionadas de acuerdo a los requerimientos dados por la posición. Si la base del fieltro es diseñada adecuadamente, las fibras de velo traerán una contribución relativamente menor; esto es deseable ya que con la

relación menor de velo experimentaremos menores cambios a través de la vida del fieltro. El requerimiento fundamental para la remoción de agua durante el prensado puede ser expresado en una simple fórmula:

$$RA = \frac{C P T}{F}$$

Donde:

RA = remoción de agua.

C = contenido de agua de la hoja de papel entrando a la prensa.

P = presión aplicada en la prensa (PLI o PSI).

T = tiempo de permanencia en el nip.

F = humedad del fieltro entrando a la prensa.

Más variables pueden ser agregadas a la fórmula (arriba de cuarenta), las cuales consideran modelos teóricos para determinar la compresibilidad del papel y de los fieltros, así como también la circulación del agua a través del papel y del fieltro en nip; pero generalmente, es aceptado que estos cuatro factores descritos en la fórmula tienen un gran efecto en la remoción de agua y, son los elementos de mejor control en el sistema. Ha sido bien documentado que el incremento en la consistencia de la hoja es directamente proporcional al incremento en el tiempo de permanencia y/o a la presión; por lo que el factor limitante en el sistema es el fieltro, el cual ha absorbido energía en todas sus dimensiones y debe tener la habilidad de conservar sus características al ser colocado bajo presión para su buen desempeño. Los resultados confirman que la remoción de agua en hojas de alto gramaje es gobernado por el tiempo de permanencia en el nip bajo presión, mientras que con hojas ligeras no sería el uso de prensas con alto tiempo de permanencia, sino más bien la adición de nuevos nips (de cuatro a cinco) con alta capacidad de carga.

La base del fieltro tiene, una influencia decisiva en las propiedades del fieltro, pero también la cantidad y tipo de velo juegan un papel importante.

El volumen hueco del fieltro en el nip determinará su operación en la prensa. Cuando hay grandes volúmenes de agua, es importante que el fieltro tenga baja resistencia al flujo como sea posible y suficiente volumen hueco en el nip. De otra manera, con pequeños volúmenes de agua, lo más importante es que el fieltro tenga una superficie fina y que su volumen en nip no sea muy grande. En base a lo anterior podemos citar algunas reglas generales sobre la influencia de las propiedades de los fieltros con su principio de diseño como se muestra en la tabla 1.

Requerimientos	Propiedades del fieltro	Principios de Diseño
Uniforme distribución de presión en el nip.	Uniforme perfil transversal y longitudinal.	Fibras de velo fino. Hilos finos en la base. Alta densidad de hilos en sentido longitudinal y transversal.
Buen acabado de papel.	Alta finura en la superficie.	Fibras de velo fino en la superficie.
Altos volúmenes de agua.	Baja resistencia al flujo. Alta permeabilidad. Alto volumen hueco.	Fibras de velo burdo. Hilos de diámetro alto en la base. Alta proporción de base con respecto al velo.
Bajos volúmenes de agua.	Bajo volumen hueco. Baja Permeabilidad.	Fibras de velo finas. Hilos de menor diámetro alto en la base. Alta densidad de hilos en sentido longitudinal y transversal.
Máximo pico de presión en el nip (papeles ligeros)	Fieltro compresible.	Hilos compresibles (multifilamento). Hilos de bajo diámetro.
Mayor ancho de nip (papeles pesados)	Fieltro incompresible	Hilos de diámetro alto en la base. Alta proporción de base con respecto al velo.
Resistencia a la compactación.	Fieltro incompresible	Hilos de diámetro alto en la base. Alta proporción de base con respecto al velo.
Resistencia al desgaste.	Fieltro con alta cantidad de material.	Menor relación de base con respecto al velo.

Tabla 1. Principios para el diseño de un Fieltro

Cada estilo de fieltro es diseñado en función de su tipo de base, combinando la cantidad y tipo de fibra con diferentes parámetros relativos a su manufactura para ajustarse a cada posición de la máquina de papel.

Dentro de los parámetros con los que se identifica cada diseño específico para una posición son los siguientes:

- + Peso.
- + Espesor.
- + Permeabilidad.
- + Relación base – velo.
- + Volumen hueco.
- + Resistencia al flujo.
- + Compresibilidad y resiliencia.

Peso, es el peso del fieltro por área unitaria; expresado en g/m^2 .

Espesor, es el grosor o calibre del fieltro, expresado en mm.

Permeabilidad, es una medida que nos indica el volumen de aire que pasa a través del fieltro en un área y tiempo unitario a una diferencial de presión específica expresado en $m^3/h/m^2$ a 100 mm. de columna de agua ó $pie^3/min/pie^2$ a 0.5 pulgadas de columna de agua, a ésta medida se le conoce mejor por su abreviatura "cfm". Esta característica del fieltro nos proporciona una referencia para el diseño del fieltro y esta en función del tipo de materia prima y tipo de papel, así como de la posición, configuración de la máquina y equipo de acondicionamiento.

Relación velo – base, es el peso de la fibra de velo dividida por el peso total del fieltro, o sea, es la proporción de velo presente en el fieltro, comúnmente expresada en porcentaje.

Volumen hueco, es la medida del espacio vacío en un fieltro y es equivalente a la cantidad de agua que puede ser aceptada. Se determina usando la siguiente relación:

$$\text{Volumen hueco (cm}^3\text{)} = \{ \text{espesor (mm)} * 1000 \} - \{ \text{peso del fieltro (g/m}^2\text{)} / \text{densidad del material} \}$$

Resistencia al flujo, es un valor referencial de la resistencia al flujo de agua a través del fieltro, o sea, que tan fácil es para el fieltro aceptar agua en el nip y liberarla posteriormente en las cajas de vacío.

Compresibilidad y resiliencia. Como ya se comentó anteriormente, es la medida de la facilidad que tiene el fieltro de comprimirse bajo presión. Resiliencia es una medida de la capacidad del fieltro para recuperarse después de haber estado comprimido.

3.3.3.- Validación del diseño.

La validación del diseño, primeramente se realiza durante las etapas de manufactura, comprobando que las características estén dentro del rango especificado, mediante una inspección directa y mediciones. Cuando un producto se encuentra fuera de especificaciones se puede tener las siguientes disposiciones:

- + Que continúe su proceso a las siguientes etapas, debido a que no afectara sustancialmente las especificaciones finales.
- + Que sea reprocesado (repetir esa etapa del proceso).
- + Que se le de la disposición de desechar y volver a manufacturar.
- + En el caso de producto terminado, se puede enviar al usuario con su anuencia para evaluarse en la máquina de papel (en base a los requerimientos de operación y calidad del papel).

Todos los avances tecnológicos para lograr una mayor eficiencia de prensado, requirió que los fieltros se desarrollaran en la misma medida para lograr las metas que la industria papelera se ha fijado, sin embargo siempre han existido problemas inherentes en la relación fieltro – máquina que se han visto aumentados por:

- ✦ Incrementarse la velocidad de la máquina.
- ✦ Decaer la calidad de la fibra virgen y de fibra reciclada.
- ✦ Tener que usar agua contaminada con cargas minerales, como una consecuencia de tener circuitos cerrados.

Debido a lo anterior, la segunda etapa de validación del diseño consiste en la satisfacción de los requerimientos establecidos por las necesidades de operación y de calidad de la posición para la que fue diseñado el fieltro en la máquina de papel. Cuando un diseño no cumple o cumple parcialmente con la validación en la máquina de papel, se vuelven a evaluar los parámetros considerados en el diseño, para proponer una modificación al diseño original o la propuesta de un nuevo diseño.

La validación del diseño en la máquina de papel puede ser efectuada por medio de un seguimiento de algunos parámetros que son medidos durante un estudio en la sección húmeda y que nos sirven de indicadores para determinar la buena operación del Fieltro. Estos estudios son realizados comúnmente por los fabricantes de vestiduras considerando la siguiente información del Fieltro:

- + Tipo de Fieltro (estilo).
- + Peso.
- + Permeabilidad.
- + Espesor.
- + Tiempo en operación del Fieltro.

Y de la máquina de papel:

- ✦ Velocidad.
- ✦ Tipo de papel y gramaje.
- ✦ Materia prima.
- ✦ Cargas.
- ✦ Configuración.
- ✦ Tipo de prensa y carga.
- ✦ Acondicionamiento (regaderas y vacío en cajas)

Se determina la cantidad de agua presente en el fieltro en diferentes puntos de su recorrido con el objetivo de conocer la remoción de agua de la hoja de papel en cada prensa, haciendo una sustracción del valor de agua del fieltro a la entrada y la salida de la prensa. Estas mediciones se realizan por medio de un instrumento portátil conocido como Press Tuner, que se basa en la emisión y resonancia de microondas (aproximadamente con una frecuencia de 1050 Mhz.).

Para poder determinar una curva de operación característica de la posición de la máquina de papel se requiere de dos parámetros que son el % de Volumen

hueco disponible y de la *Permeabilidad* dinámica del fieltro.

El % de *Volumen hueco* disponible, se determina conociendo el valor del calibre del fieltro en operación por medio de un calibrador de espesores y del peso unitario del fieltro, aplicando la siguiente formula:

$$\% \text{ Volumen hueco} = \frac{\{(\text{espesor (mm)} \cdot 1000) - \{\text{peso del fieltro (g/m}^2\} / \text{densidad del material}\}}{(\text{espesor (mm)}) \cdot 100}$$

La *Permeabilidad* dinámica, se determina relacionando las mediciones de: velocidad de aire que pasa a través del fieltro sobre la ranura de la caja de vacío para su acondicionamiento, con ayuda de un anemómetro, el vacío, que es determinado por medio de un vacuo metro y conociendo el área total de vacío, que es el resultado del ancho por largo de la ranura de la caja de vacío.

Una curva de operación típica que relaciona el % de *volumen hueco* y la *Permeabilidad* dinámica se ilustra en la figura 16.

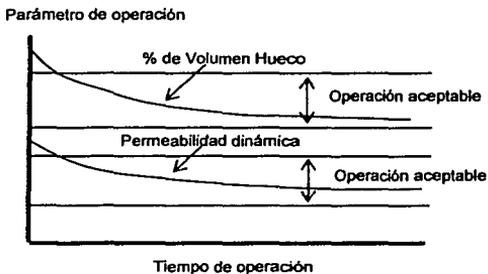


Figura 16. Curva de operación del Fieltro

Cuando se presenta un problema de compactación prematura del fieltro, esta curva se ve afectada como se ilustra en la figura 17, donde se observa que tanto el % de volumen hueco como la permeabilidad dinámica tienen un comportamiento decreciente. En este caso se requiere de otro diseño de fieltro que contenga una base más robusta (multicapa) para resistir la carga de la prensa.

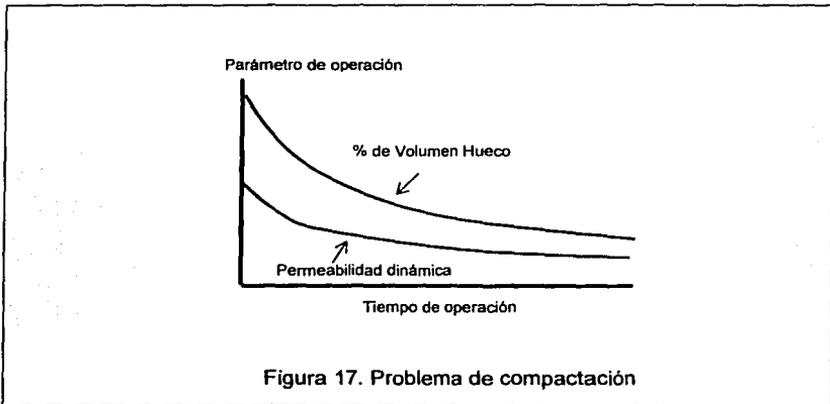
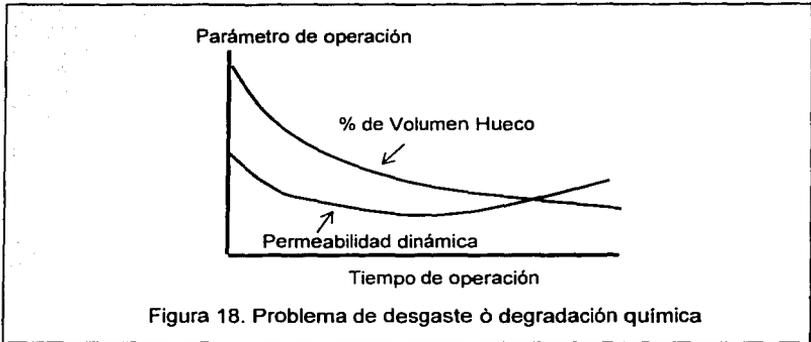
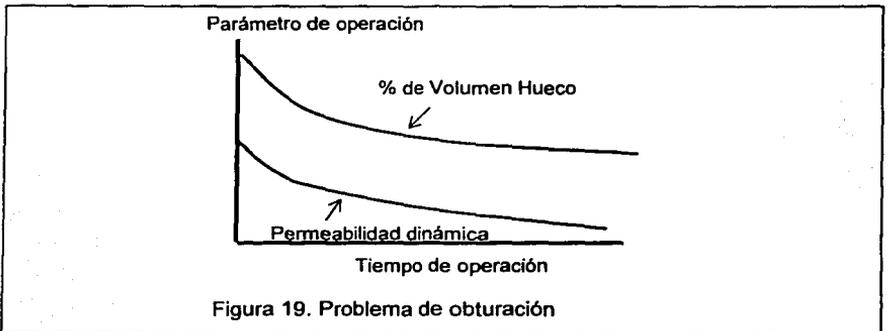


Figura 17. Problema de compactación

Cuando se tiene un problema de desgaste o degradación química (pérdida de fibra de velo), esta curva se ve afectada como se ilustra en la figura 18, donde se observa que el % de volumen hueco decrece y también la permeabilidad dinámica decrece (similar al problema de compactación) hasta un punto en que se invierte su comportamiento, indicativo de un fieltro más abierto por la pérdida de velo. En este caso se requiere de otro diseño de fieltro que contenga una mayor cantidad de velo para resistir el desgaste.



Cuando se tiene un problema de obturación, esta curva se ve afectada como se ilustra en la figura 19, donde se observa que el % de volumen hueco decrece en forma normal y la permeabilidad dinámica decrece sustancialmente, indicativo de un fieltro con buen volumen hueco para el manejo de agua, pero éste está ocupado por material obturante que impide almacenar el agua proveniente de la hoja de papel. En este caso se requiere de modificar el tipo de velo a más burdo para evitar este problema, permitiendo una mayor facilidad de limpieza al pasar por los elementos de acondicionamiento (regadera de alta presión y caja de vacío).



4.- Ejemplo práctico de un diseño de Fieltro.

4.1.- Información de máquina y posición.

- + Tipo de papel y rango de gramaje: Papeles finos, 58 a 200 g/m².
- + Materia prima utilizada para su fabricación: fibra virgen 70 % y 30 % reciclado.
- + Configuración de la máquina y posición: Trínip, posición Pick up, como se ilustra en la figura 20.
- + Velocidad de la máquina: 700 a 1000 m/min.
- + Tipo de Prensa y presión en el nip: Succión, 350 PLI.
- + Equipo de acondicionamiento disponible: regaderas de alta presión a 250 PSI, Cajas de vacío con capacidad para 12 a 15 CFM.
- + Consistencia entrando a Prensas: 20 % (80 % de humedad en el papel).
- + Consistencia a la salida de Prensas: 43 %
- + Ancho de papel en enrollador, 5.50 m.
- + Humedad del papel en el enrollador, 4.5 %

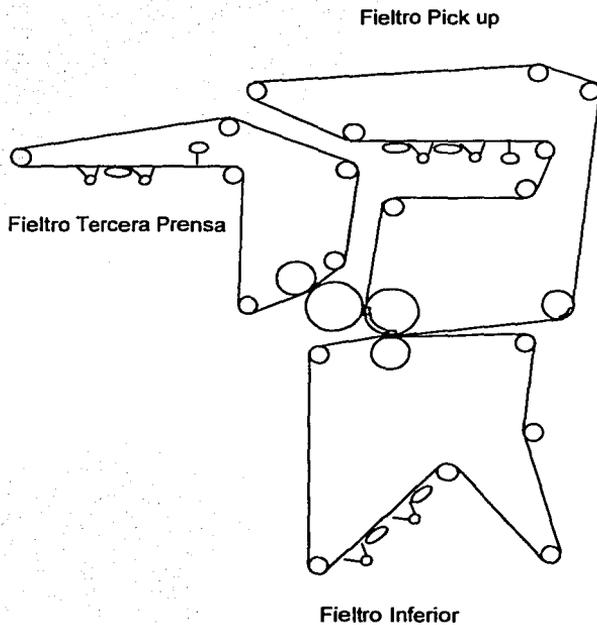


Figura 20. Diagrama de la sección de prensado

4.2.- Requerimientos de calidad y operación para el fieltro de la posición Pick up.

- + La mayor sequedad de la hoja de papel a la salida de prensas debe ser tan alta como sea posible.
- + La sequedad y espesor del papel debe ser tan uniforme como sea posible tanto en dirección transversal como longitudinal.
- + La suavidad y lisura por cada cara de la hoja de papel debe ser lo más similar posible.
- + El papel no debe tener alguna marca proveniente de la base del fieltro.
- + El papel no debe tener alguna marca proveniente de la prensa de succión.

4.3.- Selección del tipo y características del fieltro para la posición Pick up.

Para poder cumplir con los requerimientos del volumen de agua requerido por esta posición (aproximadamente el 65 % del total de la remoción de la hoja de papel en la sección de prensas). Por una parte, requerimos de un diseño con una base voluminosa que permita almacenar los niveles de agua de esta posición; lo cual implica una base con hilos de diámetro considerable que tendrían la posibilidad de imprimir una marca en la hoja de papel y por otro lado, se requiere de una base fina (hilos finos en la base y alta densidad en ambos sentidos) que permita una buena distribución del perfil de presión en el nip -maximizando los puntos de contacto con la hoja de papel- y que además permita una superficie suave y libre de marca en la hoja de papel.

Con las consideraciones anteriores, requerimos la combinación de ambas bases, por lo que la decisión es la de usar las dos bases para obtener un fieltro laminado.

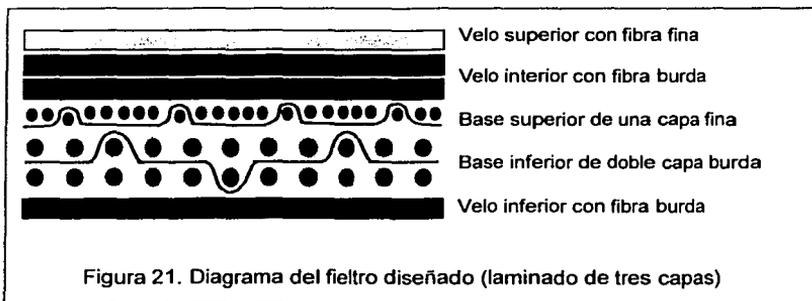
Una vez que seleccionamos el tipo de bases que se usarán en la manufactura del fieltro, se requiere la selección del tipo de fibra para el velo. Por una parte requerimos fibras de velo fino para dar una superficie suave a la hoja de papel y por otro lado requerimos de fibras burdas que permitan una menor resistencia al flujo de agua a través del fieltro y que provean suficiente material para retardar el desgaste y obturación.

Para este dilema se realiza una estratificación del velo que consiste en tener fibras de clasificación burda por la cara inferior y también sobre la base por la cara superior, para posteriormente colocar fibras de clasificación fina solo en la superficie sobre las fibras de clasificación burda pegadas a la base, que permitan también, evitar problemas de obturación prematura por el uso de materia prima reciclada, como se puede apreciar en la tabla 2.

Requerimientos	Propiedades del fieltro	Principios de Diseño
Uniforme distribución de presión en el nip.	Uniforme perfil transversal y longitudinal.	Fibras de velo fino. Hilos finos en la base. Alta densidad de hilos en sentido longitudinal y transversal.
Buen acabado de papel.	Alta finura en la superficie.	Fibras de velo fino en la superficie.
Altos volúmenes de agua.	Baja resistencia al flujo. Alta permeabilidad. Alto volumen hueco.	Fibras de velo burdo. Hilos de diámetro alto en la base. Alta proporción de base con respecto al velo.
Resistencia al desgaste.	Fieltro con alta cantidad de material.	Menor relación de base con respecto al velo.

Tabla 2. Principios para el diseño de un Fieltro para la posición Pick up

Con todo lo anterior obtenemos un fieltro con características requeridas para satisfacer las necesidades de esta posición y que también de acuerdo al nivel de vacío disponible de esta posición de 12 a 15 CFM, cumple con el requerimiento mínimo de este diseño que es de 12 CFM y que podemos ver en forma esquemática en la figura 21.



4.4.- Validación y evaluación de la operación en máquina.

Durante las etapas de manufactura se verifican que las características están dentro de las especificadas por el diseño, y que al usuario solo se le informan las siguientes del producto terminado como más representativas de sus características:

- + Peso del fieltro, 1411 g/m².
- + Calibre del Fieltro, 3.80 mm.
- + Permeabilidad, 65 CFM.
- + Dimensiones, 35.00 X 5.75 m.

Con estas características y la información de la cantidad de agua que debe ser removida por la sección de prensas con los diferentes papeles, podemos calcular, el volumen hueco o capacidad de almacenar el agua proveniente de la hoja de papel, y también la adicionada por las regaderas para limpieza del fieltro mediante los siguientes cálculos:

1.- Determinación del peso de la hoja seca.

Peso de papel + agua para la hoja de 58 g/m², con una consistencia de 95.5 %:

$$95.5 - 100 \%$$

$$X_1 - 58 \text{ g/m}^2$$

$$\underline{X_1 = 55.39 \text{ g/m}^2}$$

Peso de papel + agua para la hoja de 200 g/m², con una consistencia de 95.5 %:

$$95.5 - 100 \%$$

$$X_1 - 200 \text{ g/m}^2$$

$$\underline{X_1 = 191.80 \text{ g/m}^2}$$

2.- Determinación del peso de la hoja y agua entrando a la prensa.

Peso de papel + agua para la hoja de 58 g/m², con una consistencia de 20 %:

$$20.0 - 100 \%$$

$$X_2 - 58 \text{ g/m}^2$$

$$\underline{X_2 = 276.95 \text{ g/m}^2}$$

Peso de papel + agua para la hoja de 200 g/m², con una consistencia de 20 %:

$$20.0 - 100 \%$$

$$X_2 - 200 \text{ g/m}^2$$

$$\underline{X_2 = 955.00 \text{ g/m}^2}$$

3.- Determinación del peso de la hoja y agua saliendo de la prensa.

Peso de papel + agua para la hoja de 58 g/m², con una consistencia de 43 %:

$$43 - 100 \%$$

$$X_3 - 58 \text{ g/m}^2$$

$$\underline{X_3 = 128.81 \text{ g/m}^2}$$

Peso de papel + agua para la hoja de 200 g/m², con una consistencia de 43 %:

$$43 - 100 \%$$

$$X_3 - 200 \text{ g/m}^2$$

$$\underline{X_3 = 444.18 \text{ g/m}^2}$$

3.- Determinación de la remoción de agua requerida en prensas.

Para la hoja de 58 g/m²:

$$276.95 - 128.81 = \underline{148.14 \text{ g/m}^2}$$

Para la hoja de 200 g/m²:

$$955.00 - 444.18 = \underline{510.82 \text{ g/m}^2}$$

Fieltro Pick up

+ Volumen de agua agregado por las regaderas de acondicionamiento
= 141.10 g/m²

+ Cantidad de agua requerida por la posición que debe contener el fieltro:

$$\begin{aligned} \text{Para papel de 58 g/m}^2 &= 148.14 \text{ g/m}^2 + 141.10 \text{ g/m}^2 \\ &= 289.24 \text{ g/m}^2 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Para papel de 200 g/m}^2 &= 510.82 \text{ g/m}^2 + 141.10 \text{ g/m}^2 \\ &= 651.92 \text{ g/m}^2 \end{aligned}$$

✦ Densidad del material del Fieltro (Poliamida) = 1140 g/cm³

$$\begin{aligned} \text{✦ \% de Volumen hueco original} &= \{((\text{espesor} - (\text{peso} / \text{densidad})) / \\ &\text{espesor}) \times 100 \\ &= 67.43 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{✦ Volumen hueco original} &= 67.43 \% \times \text{el peso del fieltro} \\ &= \underline{951.44 \text{ g/m}^2} \end{aligned}$$

✦ \% de Volumen hueco a los 42 días = 49.27 %

$$\begin{aligned} \text{✦ Volumen hueco a los 42 días} &= 49.27 \% \times \text{el peso del fieltro} \\ &= \underline{695.20 \text{ g/m}^2} \end{aligned}$$

Al comparar los valores del manejo de agua que puede almacenar el fieltro después de 42 días de operación que es de 695.20 g/m² y compararlo con el requerido para el papel más pesado de 200 g/m² que es de 651.92 g/m², encontramos que el fieltro tiene capacidad para este trabajo.

NOTA: se considera como buena aproximación para los cálculos, el comparar el peso de la fibra y agua con la densidad del agua pura, y también como vida promedio del fieltro en esta posición de 45 días.

5.- Conclusiones.

En el proceso de extracción, por medios mecánicos, del agua contenida en una hoja de material fibroso, que puede ser desde papel ligero hasta tableros de fibra de madera, se consideró una descripción cualitativa de lo que sucede en el níp, así como su influencia práctica sobre el resultado del prensado, lo cual ha dado como resultado mejoras en cuanto a contenido seco de la hoja de papel cuando sale de las prensas. A este respecto, han desempeñado un papel importante los nuevos tipos de fieltro de propiedades mejoradas.

Hasta la fecha se han desarrollado varios modelos teóricos para tratar de explicar en forma cuantitativa el proceso de prensado, sin embargo cada vez resulta más evidente la compleja naturaleza del problema, debido al gran número de fenómenos distintos que intervienen, cada uno de los cuales desempeña un papel más o menos importante según las condiciones en que se desarrolle el prensado.

Como se puede apreciar en la descripción de la memoria de desempeño profesional para un Diseñador de Fieltros, se requiere del análisis de varios parámetros fundamentales para la correcta elección del diseño del fieltro más adecuado, que permita la mejor operación y calidad requeridas en la hoja de papel durante el mayor tiempo posible en la posición de la máquina de papel. Así como también, la necesidad de una constante actualización sobre los nuevos desarrollos de las máquinas de papel y del diseño de fieltros.

También se requiere de una capacidad analítica, que permita la interacción de las diferentes variables de manufactura de los fieltros, que trabajan en una sinergia para obtener las características especificadas por el Diseñador.

Dentro de las responsabilidades del Diseñador, además de crear los diseños, podemos citar las siguientes:

- + Definir y autorizar los rangos de aceptación de la materia prima para la manufactura de los fieltros.
- + Definir y clasificar el producto no conforme.
- + Analizar los estudios de seguimiento de los fieltros para verificar la validación de los diseños o la necesidad de hacer nuevas propuestas de ajuste al diseño actual o proponer un nuevo diseño.
- + Participar en la mejora de los procesos de manufactura.
- + Preparar y dar pláticas al usuario sobre recomendaciones de operación y nuevos productos.

Para llegar a ser un diseñador de fieltros para la sección de prensado húmedo de las máquinas de papel, se debe considerar, adquirir conocimientos básicos sobre Ingeniería Textil, debido a que los fieltros son materiales textiles. También se requiere adquirir un conocimiento sobre la manufactura de papel en sus diferentes etapas, desde su materia prima hasta los requerimientos especificados para los productos terminados, como se describió en forma general en la presente memoria de desempeño profesional.

Como Ingeniero Químico, se tiene la posibilidad de cursar la materia optativa de celulosa y papel, la cual muestra un panorama general de las variables involucradas en la manufactura del papel, y que permiten posteriormente, profundizar con un mayor detalle para adquirir los conocimientos necesarios requeridos por un diseñador de fieltros para las máquinas de papel.

6.- Glosario

Afelpada: Tener aspecto de aterciopelado.

Brillo: Lustre o resplandor en la hoja de papel.

Cajas acondicionadoras: Cajas de vacío para remover los obturantes y excedente de agua presente en el fieltro.

Cardado: Proceso mecánico que alinea en forma paralela las fibras.

Consistencia: porcentaje de pasta en una mezcla de agua y pasta. Peso de pasta entre peso total de la mezcla agua – pasta, expresado en porcentaje.

Crushing: Defecto del papel provocado por un desplazamiento de las fibras en la hoja húmeda (rompimiento de la formación).

Denier: Es el peso en gramos de una fibra de longitud de 9000 m.

Dirección máquina: Sentido longitudinal sobre la máquina de papel.

Desgote: remoción de agua de la hoja de papel o fieltro.

Julio: Tubo donde se colocan los hilos de urdimbre.

Lanzadera: Dispositivo que lleva en su interior el hilo de trama

Monofilamento: Hilo constituido por filamentos de mayor diámetro que los del multifilamento

Multifilamento: Hilo constituido por muchos filamentos muy finos.

Nip: Zona de prensado. Área de contacto entre dos rodillos.

Opacidad: Falta de brillo (oscurecimiento).

Pasta: Mezcla de materiales fibrosos (pulpa) y productos químicos.

Peine: Marco compuesto por púas o dientes y por cuyos claros se hace pasar los hilos de urdimbre.

Permeabilidad: Capacidad de un cuerpo para dejarse atravesar por un fluido.

PLI: Abreviatura utilizada para Libras por cada pulgada lineal.

Porosidad: Presencia de poros en la hoja de papel causados por la oclusión de aire.

Pulpa: Material fibroso proveniente de la celulosa.

Refinación: proceso mecánico, por el cual las fibras son sometidas para desarrollar sus propiedades, modificándose a una forma optima para los requerimientos especificos de un tipo de papel, con frecuencia en este proceso se reduce la longitud de la fibra por corte.

Regadera de alta presión: Parte del sistema de limpieza, regadera de bajo volumen cuyo chorro de agua es a altas presiones para desprender los obturantes.

Remallado: Proceso de hacer pasar las agujas sobre el velo y la base después de su integración para mejorar su anclaje a la base.

Tabla: Cuadro que dispone de mallas para sostener los hilos de urdimbre.

Trama: Conjunto de hilos que cruzados en forma perpendicular con la urdimbre forman la tela.

Urdimbre: Conjunto de hilos paralelos entre los que pasa la trama para formar la tela.

Velo: Estructura hecha solo de fibras cardadas que al aguzarse circunda la base del fieltro.

7.- Bibliografía.

1. Libby, C.E.
Ciencia y Tecnología sobre pulpa y papel.
Tomo I. Pulpa.
Primera edición
CECSA
México, 1984.

2. Libby, C.E.
Ciencia y Tecnología sobre pulpa y papel.
Tomo II. Papel.
Primera edición
CECSA
México, 1982.

3. MacDonald, R.G. y Franklin, J.N.
Pulp and Paper Manufacture
Volume I, The pulping of wood
TAPPI, 2nd. Edition
McGraw-Hill Book Co.
New York, N.Y. 1970.

4. Moriarty, Michael.
Introduction to Paper Making
Albany International Press Fabrics Division
East Greenbush, N.Y. 1991.

5. Smook, G.A. y Kocurek, M.J.
Handbook for Pulp & Paper Technologists
TAPPI. Joint Textbook Committee of the Paper Industry
Atlanta. Ga. 1991.
6. Casey James P. (compilador)
Pulpa y Papel. Química y tecnología química
Volumen I y II
Primera edición
Editorial Limusa
México, 1991
7. Potter Mary K.
Paper Machine Felts and Fabrics
Primera edición
Albany Internacional
Estados Unidos de América, 1976.
8. Rodillos de Prensa y Recubrimiento de Rodillos
Información técnica de Nordiskafilt
Suecia, 1988.
9. Killeen Allen J.
The dri Press Concept. Application Review and Analysis
Stowe Woodward Co.
Estados Unidos de América
10. Nelson John P.
Principles of Press Water Removal and their Application
XXXVII Reunion Annual, ATCP
México, 1987

11. Liu Thomas J.
Press Felts – Description & Use. Practical Aspects of Pressing and
Drying
Technical Association of the Pulp and Paper Industry
Estados Unidos de América

12. Paulapuro H. y Nordman L.
Wet Pressing: History and Future Trends
Pulp and Paper Canada
Canada, 1991

13. Davenport Francis L.
Pressing Fundaments
Presentation at UMO Summer Institute
Estados Unidos de América, 1992

14. Lewyta John and Georghegan Paul
Recent Developments in Paper Machine Clothing: Wet Felts
Tappi Journal
Estados Unidos de América, 1987

YESIS CON
FALLA DE ORIGEN