

300 615

1

2ij



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

**Escuela de Ingeniería  
Incorporada a la U. N. A. M.**

**METODO DE SELECCION DE TELAS DE  
FORMACION EN UNA MAQUINA DE PAPEL  
TIPO FOURDRINIER**

**TESIS PROFESIONAL**  
**Que para obtener el título de**  
**INGENIERO MECANICO ELECTRICISTA**  
**p r e s e n t a**  
**JOSE HORACIO AGUILAR ANZURES**

**Asesor: Ing. Jorge Salcedo González**

**México, D. F. 1997**

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**



Universidad Nacional  
Autónoma de México



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

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

Todo el material contenido en esta tesis 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.

## INDICE

	Página
Introducción.	1
Capítulo I. Fabricación del Papel.	2
I.1 Historia de la pulpa y el papel.	2
I.2 Proceso de fabricación del papel.	5
Capítulo II. Descripción de la sección de formación de una máquina de fabricación de papel.	13
II.1 Descripción del equipo.	13
II.2 Vestiduras Utilizadas en una máquina de papel.	29
Capítulo III. Proceso de fabricación de las telas de formación	33
III.1 Proceso de fabricación	33
III.2 Fabricaciones en México	38
III.3 Diagrama de bloques del proceso	43
Capítulo IV. Principales características de las telas de formación	47
Capítulo V. Método de Selección de telas de formación	55
V.1 Modelo Teórico	55
V.2 Evaluación del drenado de una tela de formación.	64
Capítulo VI. Análisis de un caso práctico	68
Conclusiones	78
Bibliografía	80
Anexos.	81

# INTRODUCCIÓN

## **INTRODUCCIÓN**

La selección de telas de formación de una máquina de papel tipo Fourdrinier es de fundamental importancia en el proceso de fabricación del papel, ya que la selección errónea incide en la eficiencia de una máquina de papel. El propósito del presente trabajo es proporcionar los conceptos básicos para la selección de telas de formación de una máquina tipo Fourdrinier para evitar este tipo de problemas. Para ello se divide en los siguientes capítulos:

El capítulo 1 presenta los antecedentes históricos de la fabricación del papel y su proceso de fabricación en máquinas Fourdrinier que actualmente fabrican papel.

En el capítulo 2 se describen cada uno de los elementos que intervienen en el drenado de la masa de formación de una máquina de papel tipo Fourdrinier así como las características de las veedurías que se utilizan en la máquina de papel en cada una de sus secciones (Sección de Formación, Sección de Prensas y Sección de Secado).

El proceso de fabricación de las telas de formación y las principales fabricaciones en México se han desarrollado en el capítulo 3.

Las principales características de las telas de formación se analizan en el capítulo 4.

El capítulo 5 se describe un método teórico para seleccionar telas de formación conociendo algunos detalles de la máquina de papel en la que va a operar, características de las telas de formación que ha utilizado, etc. Asimismo se analiza un método para evaluar el drenado de una tela de formación en operación propuesto por TAPPI, en el cual la utilización de equipo radiactivo (NDC<sup>TM</sup>) o de ultrasonido es indispensable para la obtención de resultados.

Un caso práctico de la utilización del equipo de ultrasonido en la sección de formación de una máquina de papel se ilustra en el capítulo 6.

Finalmente, se presentan las conclusiones, bibliografía y anexos que constituyen un apoyo para la comprensión del presente.

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

1. 2. 3. 4. 5. 6. 7. 8. 9. 10. 11. 12. 13. 14. 15. 16. 17. 18. 19. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26. 27. 28. 29. 30. 31. 32. 33. 34. 35. 36. 37. 38. 39. 40. 41. 42. 43. 44. 45. 46. 47. 48. 49. 50. 51. 52. 53. 54. 55. 56. 57. 58. 59. 60. 61. 62. 63. 64. 65. 66. 67. 68. 69. 70. 71. 72. 73. 74. 75. 76. 77. 78. 79. 80. 81. 82. 83. 84. 85. 86. 87. 88. 89. 90. 91. 92. 93. 94. 95. 96. 97. 98. 99. 100.

## CAPÍTULO I

# FABRICACIÓN DEL PAPEL

## **L1 HISTORIA DE LA PULPA Y EL PAPEL**

Antes de que el papel se inventara, el hombre escribía sus anotaciones en piedra, las grababa en lápidas de arcilla o las escribía en papiro o pergamino. El papiro fue el precursor del papel y se hacía en Egipto desde épocas tan remotas como el año 2400 a.C. Se realizaba descortezando las fibras gruesas de la planta de papiro, dejándolas entrecruzadas sobre una superficie dura y lisa, y comprimiéndolas hasta formar una hoja. La superficie se alisaba frotándola con marfil o con piedra. Todavía existen muchos manuscritos en papiro. El pergamino se hacía de la piel de los animales, y actualmente todavía encuentra algunas aplicaciones en la elaboración de diplomes y de ciertos documentos públicos.

EL descubrimiento del arte de fabricar papel pertenece a los chinos. No se conoce la fecha exacta de este descubrimiento, pero la mayoría de los historiadores la refieren aproximadamente al año 105 de la era cristiana, puesto que fue en dicho año cuando Tsai Lun, - a quien usualmente se le acredita -, informó de este invento al emperador.

La descripción del método de fabricación, - que ha llegado hasta nuestros días a través de los sepulcros chinos -, es básicamente el mismo que se emplea actualmente en la elaboración de los papel hechos a mano, por lo que respecta a las operaciones mecánicas del formado de la hoja.

El proceso de fabricación de la hoja de papel se realizaba de la siguiente manera: Los tallos de bambú se cortaban cerca del suelo, se escogían en lotes de acuerdo con su edad, y luego se recogían en pequeños atados. (Mientras más joven era la planta de bambú, mejor resultaba la calidad del papel que de ella se obtenía). Los atados se arrojan dentro de un recipiente con agua, y se enterraban en el fango durante dos semanas aproximadamente; esto se hacía con objeto de ablandarlos. Luego se sacaban, se cortaban en trozos de un largo apropiado, y se colocaban dentro de unos morteros con un poco de agua, para machacarlos con grandes piezas de madera hasta convertirlos en pulpa. Esta masa semifluida, se pasaba a una gran cuba con agua, a la cual se le seguía agregando material hasta que toda la masa adquiría la consistencia suficiente para formar el papel. Entonces se extraía una hoja con un molde de dimensiones adecuadas, el cual se constituía con pequeñas tiras de bambú, alisadas y redondeadas como alambres; esto permitía que el agua drenara, dejando una hoja de fibras entrelazadas. A cada lado de la cuba colocaba un homo con un remate inclinado de arcilla. Se ponía entonces una hoja sobre el homo, quitando el borde del molde (basidor) y dejando el papel en forma plana sobre el homo, al cual se adhería.

Posteriormente se recubrían las hojas con una ligera capa de solución de cola de pescado o de alumbre, con lo que se obtenía un papel más liso. Los papeles de escritura se pulían froándolos con piedras lisas.

El papel se hacía a mano hasta el año de 1799, fecha en que Louis Robert inventó la máquina de papel. La primera máquina de papel consistía de una tala metálica sin fin que permanecía estirada por la acción de dos rodillos. La posición de los rodillos era ajustable, de manera que la tala podía ser estirada para mantener la superficie de la misma uniforme. La pulpa batida era arrojada a la tala desde el tanque de almacenamiento por la acción de una propela que arrojaba la pasta sobre una cubierta de metal curva, la cual distribuía la mezcla uniformemente sobre la tala en movimiento. A medida que la tala avanzaba el agua se filtraba de la misma y finalmente unos pequeños rodillos de presión completaban el drenado inicial. El rodillo siguiente cortaba la hoja húmeda hasta que se obtenía la longitud deseada (la longitud límite era de 50 ft).

La hoja húmeda era pasada através de algunos rodillos de presión y finalmente se cortaba para escarse al aire libre. A Louis Robert se le donó la cantidad de 8000 francos para que continuara realizando sus estudios y experimentos, él finalmente vendió su patente (incluyendo el modelo de la máquina) a su asistente Leger Didot de Essonee. La figura 1.1 muestra la primer máquina de papel creada por Louis Robert.

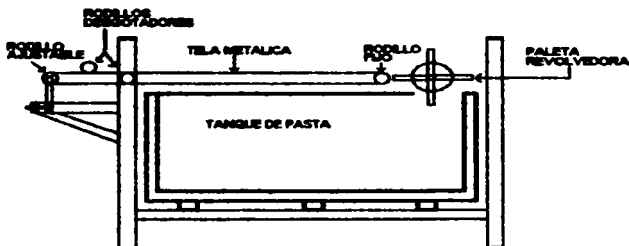


FIG. 1.1 Primer máquina de papel.

Didot decidió llevarse los diseños hacia un país donde no existieran problemas gubernamentales y zarpó hacia Inglaterra, junto con su cuñado John Gamble en el verano de 1800. En Inglaterra, Didot recibió ayuda de Bryan Donkin, quien era un mecánico muy calificado y que gracias a su experiencia pudo perfeccionar detalles de diseño de la máquina original.



El 2 de Abril de 1801, la patente británica 2487 fue otorgada a John Gamble por "una máquina de papel mejorada". Mejoras posteriores a este diseño resultaron en la patente 2708 del 7 de Junio de 1803, expedida por el gobierno británico a John Gamble por "perfeccionamiento y adiciones a una máquina de papel que fabricaba hojas de papel sin uniones de 1ft de ancho y de 1ft a 50ft de largo"(asimismo se indicaba que estas dimensiones podrían ser mayores). En el otoño de 1803 la primer máquina de papel en la historia que operó satisfactoriamente fue instalada en Frogmore, Inglaterra. En 1804 un duplicado de esta fue también instalado en Inglaterra.

En 1804, los hermanos Henry y Sesty Fourdrinier compraron las acciones de Didot y Gamble. A Henry Fourdrinier se le concedió la patente 2.951 el 24 de Julio de 1804 por "La técnica para construir una máquina para producir papel con longitud indefinida, formado en moldes separados". El 4 de Agosto de 1807, el parlamento británico amplió los derechos de patentes concedidos a los Fourdrinier por "La invención del proceso de fabricar papel utilizando maquinaria".

Se puede decir que la máquina inventada por Louis Robert, mejorada por Didot y Gamble, diseñada por Donkin y, financiada por los Fourdrinier, se le conoció (y se le continúa conociendo) como la máquina Fourdrinier.

La figura 1.2 ilustra la primer máquina diseñada por Donkin.

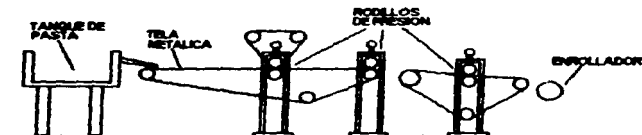


FIG. 1.2 Primer máquina Fourdrinier

## **I.2 EL PROCESO DE FABRICACION**

La fabricación de la hoja de papel consta de los siguientes procesos

- 1. Preparación de la pasta.**
- 2. Formación de la hoja de papel.**
- 3. Prensado de la hoja de papel.**
- 4. Secado de la hoja de papel.**
- 5. Acalentrado de la hoja de papel.**
- 6. Embobinado de la hoja de papel.**
- 7. Procesos de conversión de la hoja de papel.**

En los procesos anteriores, los detalles del equipo empleado varían considerablemente de una máquina en particular a otra, sin embargo los fundamentos de los mismos son muy parecidos, la figura 1.3 ilustra el arreglo general de una planta de fabricación de papel.

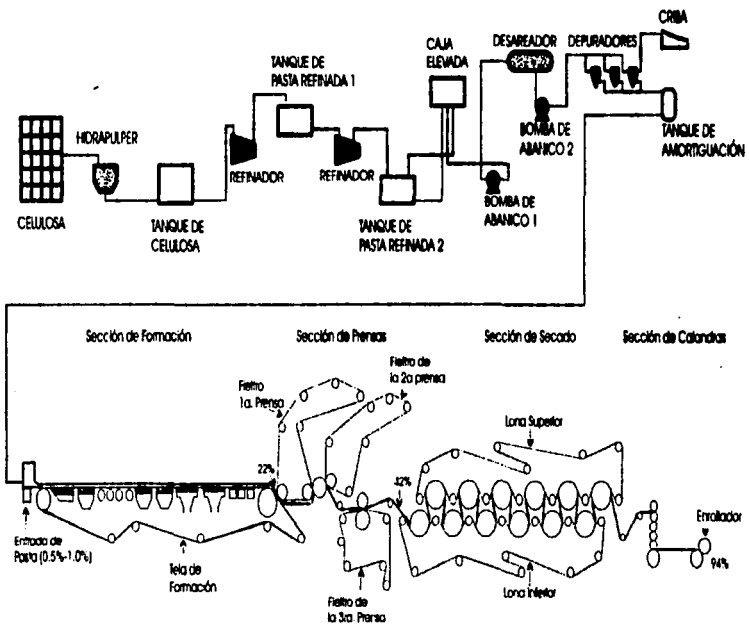


FIG. 1.3 Proceso de Fabricación del papel

## **PROCESO DE PREPARACION DE LA PASTA**

La preparación de la pasta se puede definir como el tratamiento mecánico ó químico ó una combinación de ambos de la pulpa, quedando lista para formar una hoja de papel.

## **PROCESO DE FORMACION DE LA HOJA DE PAPEL**

La formación del papel se puede definir como el proceso en el cual la suspensión acuosa de baja consistencia drene, a través de medio filtrante (tela de formación), hasta 65% del agua que contiene; es aquí donde la pasta adquiere una forma una red fibrosa con una resistencia considerable.

## **PRENSADO DEL PAPEL**

Después la sección de formación el papel pasa a la sección de prensas donde la hoja es comprimida para desalojar agua que no pudo ser drenada en el proceso de formación.

## **PROCESO DE SECADO DEL PAPEL**

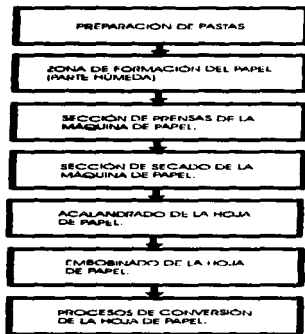
El término "secado" como comúnmente se aplica a la manufactura del papel, se refiere a la parte del proceso en la cual, el agua líquida que se encuentra en la hoja de papel es retirada por evaporación.

## **ACALANDRADO DEL PAPEL**

Esta parte del proceso es el "acabado" del papel y es donde se obtiene una mejora en la calidad del producto terminado.

## **EMBORNADO DEL PAPEL**

Desde el proceso de preparación de la pasta hasta el acalandrado, la manufactura del papel es un proceso continuo, por lo que el papel terminado debe ser colocado en un dispositivo que permita el fácil manejo del mismo; el papel se enrolla en un cilindro para posteriormente cortarlo a las dimensiones requeridas.



Esquema 1.4 Diagrama de bloques del proceso de fabricación del papel.

#### A) PROCESO DE PREPARACION DE PASTA

Los detalles del equipo empleado varían considerablemente de una máquina a otra.

1. Las fibras refinadas y mezclas, junto con cualesquiera de cargas o aditivos de pila (colorantes, alumbre, encolante de brea, etc.) se almacenan en el tanque de la máquina.
2. En este tanque la pasta se agita para evitar el asentamiento y la separación de los sólidos. La consistencia de la pasta en este tanque es del orden de 2.5 a 4%.
3. Una bomba eleva la pasta hasta un regulador de consistencia y una caja de cabeza constante.

4. Posteriormente la pasta fluye a través de una compuerta reguladora de flujo al jordan de la máquina para ajustar la longitud de fibra y propiedades de drenado sobre la máquina.
5. La pasta pasa a la bomba de abanico de la máquina, en esta bomba la pasta se diluye a un rango de 0.1 a 1% con agua que se recircula de la fosa o tanque colector de agua blanca.
6. La pasta diluida puede entonces limpiarse por medio de limpiadores de tipo vórtice, seguidos por depuradores abiertos o cerrados a presión, de placas perforadas (en algunos casos, la operación de limpieza tipo vórtice puede tener lugar antes de la dilución final en la bomba de abanico).

### **B) PROCESO DE FORMACION DE LA HOJA**

1. La pasta limpia fluye al sistema de distribución de entrada, que reparte el flujo a todo lo ancho de máquina, descargando la pasta dentro de la caja de entrada en donde el flujo se estabiliza.
2. El flujo estabilizado de pasta pasa entonces, a través de un orificio ajustable llamado regla, sobre una tela metálica o sintética de formación.
3. La tela de formación es una banda sin fin, de tejido fino, que viaja alrededor y entre dos grandes rodillos, el cilindro de pecho que es sólido, en el extremo de la caja de entrada, y el cilindro de retorno de la tela también conocido como Couch Roll en el otro extremo de la tela. La mayoría de las máquinas de papel tienen cilindros Couch huecos y perforados, con una cámara interior de vacío, por lo que también se les conoce como cilindros de succión.

La tela está soportada sobre la sección formadora horizontal superior o mesa, por medio de una combinación de una o más cajas de formación estacionarias, rodillos desgasadores sólidos o ranurados, cuchillas de agua y deflectores, después de lo cual pasa sobre varias cajas de succión. Sobre esta sección el agua se elimina por drenado, dejando la hoja de papel sobre la superficie de la tela de formación. La hoja se separa de la tela en o muy cerca del extremo de la zona de succión del cilindro de retorno, y el viaje de regreso de la tela lo soportan unos cuantos rodillos que se usan para tensar y guiar la tela, al tiempo que unas regaderas de agua le lavan las fibras sueltas que pudieran haberse quedado adheridas a ella.

4. Es costumbre recortar unos cuantos centímetros de cada extremo de la hoja, por lo general pesan menos y contienen puntos débiles. El corte se hace por medio de chorros finos de agua a alta presión conocidos como huizaches, que se localizan sobre la tela entre la última caja de succión y el cilindro de succión. Los recortes caen hacia la fosa del cilindro, en donde se redeseñibrian y se vuelven a utilizar en el sistema.

5. En las máquinas de mediana o baja velocidad la hoja se levanta de la tela en el cilindro de retorno y se pasa sin soporte alguno a través de un claro existente, de la tela hacia un filtro móvil sintético, el cual la deposita en la primera prensa húmeda, por lo que se les conoce como máquinas de tiro abierto.

En la mayoría de las máquinas de alta velocidad el peso de la hoja de la tela hacia la primera prensa se efectúa mediante un cilindro de succión y un filtro que se pone en contacto con la hoja sobre la tela, la hoja se transfiere al filtro el cual la deposita en la primera prensa húmeda. A este cilindro se le conoce como "Pick up".

### C) SECCION DE PRENSAS

Después de la sección de formación el papel pasa hacia la sección de prensas y secadores para seguir perdiendo agua.

La hoja que sale de la sección de la tela es una red fibrosa parcialmente saturada que puede ser comprimida a un volumen que no es suficiente para contener toda el agua que originalmente presenta. El límite al que se puede reducir el contenido de humedad depende de que tanto se pueda comprimir la hoja.

A continuación se presenta una tabla mostrando el contenido de humedad del papel al salir de la sección de prensas.

|                          | ANTES DE PRENSAS | DESPUES DE PRENSAR |
|--------------------------|------------------|--------------------|
|                          | %                | %                  |
| PAPEL PERIODICO          | 82 - 88          | 62 - 69            |
| PAPEL KRAFT              | 83 - 90          | 65 - 70            |
| PAPEL PARA LIBROS        | 78 - 82          | 60 - 65            |
| CARTONCILLO PARA ENVASES | 76 - 81          | 62 - 66            |

Puesto que el prensado es un procedimiento de eliminación de agua más económico que el secado, es una operación que se aplica hasta su límite técnico y económico.

### TIPOS DE PRENSAS

Una prensa estándar consiste de dos cilindros, y acondicionados para ejercer presión uno sobre el otro. La prensa puede consistir de dos cilindros sólidos (prensa plana) o de un cilindro sólido y uno perforado con una caja de succión en su interior (prensa de succión).

La operación de prensado se efectúa en una serie de prensas, cuyo número y tipo depende principalmente del tipo del papel que se va a fabricar. A continuación se muestran las características de los cilindros antes mencionados:

**CILINDROS SOLIDOS.** Fabricados con acero o hierro fundido, recubiertos con hule puro o con hule que contiene rellenos minerales (micronoc, estanita). Ocasionalmente pueden ser de granito.

**CILINDROS DE SUCCION.** Presentan cuerpo de bronce o acero inoxidable, recubierto con hule de una pulgada de grueso aproximadamente. Normalmente está perforado y tiene un área abierta de 18 a 24%; soportan presiones entre 100 y 500 lb/pulg lineal y los vacíos normales de succión a los que estas operan son de 15 a 22 pig de mercurio.

#### **D) SECCION DE SECADO**

El papel húmedo de la sección de prensas con un contenido aproximado de humedad de 65 a 68% se pasa por una serie de cilindros calentados a vapor y se seca hasta contener aproximadamente 6% de agua.

El número de secadores se determina por la cantidad de agua que se va a evaporar, sobre la base de una evaporación estimada en lb H<sub>2</sub>O/HR ft<sup>2</sup> de superficie total de secado (esta cifra variará de acuerdo con la presión del vapor, el tipo de papel, el contenido final de humedad y las condiciones generales de operación).

#### **E) SECCION DE CALANDRIAS**

La función básica del calandreado es reorientar las fibras superficiales en la hoja de papel o el recubrimiento aplicado sobre su superficie, ya sea por compresión, fricción o por una combinación de ambas.

#### **F) SECCION DE EMBOBINADO**

El propósito principal de la embobinadora de la máquina de papel es subdividir el ancho de la hoja del rollo de máquina en los anchos requeridos, proporcionar bobinas de papel que tengan los diámetros correctos y producir rollos de papel que presenten pocos problemas en los siguientes procesos de acabado al que es sometido.

A continuación se ilustra una máquina Fourdrinier convencional con sus diferentes secciones.



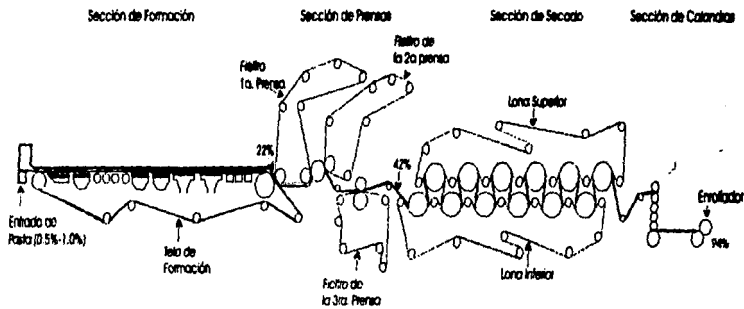


FIG. 1.5 Máquina Fourdrinier. Consistencia de la hoja representada como porcentaje de sólidos.

## **CAPÍTULO II**

# **DESCRIPCIÓN DE LA SECCIÓN DE FORMACIÓN DE UNA MÁQUINA DE PAPEL**

## II.1 DESCRIPCIÓN DEL EQUIPO

### LA CAJA DE ENTRADA

La caja de entrada debe entregar el flujo de pasta a la mesa de formación con una velocidad controlable, con un perfil de velocidad uniforme con la dirección de este flujo en un sentido casi horizontal para poder controlar la formación de la hoja en la mesa de formación. La caja de entrada tiene tres funciones principales:

- Recibir el flujo de pasta diluida y distribuir este flujo a lo ancho de la caja.
- Uniformizar este flujo a lo ancho de la caja y mantenerlo en buena suspensión.
- Entregar este flujo a la mesa de formación, de tal manera que se pueda formar una hoja de papel con las características deseadas. Para llevar a cabo esta función la caja de entrada cuenta con una compuerta de salida. La compuerta de salida consiste del conjunto regla y delantal que forman una apertura uniforme a lo ancho de la caja de entrada y por donde pasa la pasta diluida a la mesa de formación (Figura 2.1).

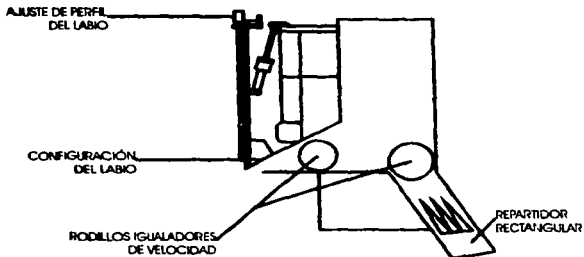


Fig. 2.1 Caja de Entrada convencional de una máquina de papel.

De esto se puede concluir que, para cada velocidad de máquina, existe una altura de pasta en la caja de entrada óptima independiente del tipo de papel, peso base, etc.

La "carga total" es la variable de proceso que controla la relación de velocidades entre chorro / tela, la cual es de gran importancia para la formación de la hoja y las características de la misma. Para papeles finos esta relación debe ser de 1 o lo más cercano a la unidad no importando las variaciones en velocidad y flujo de entrada.

Los procesos de control modernos basados en sistemas computacionales tienen la flexibilidad de proveer este tipo de control.

La relación existente entre la carga total y la velocidad del chorro está dada por la ecuación:

$$V = (2gh)^{1/2} \quad (1)$$

donde:

V = Velocidad del chorro  
g = Aceleración gravitacional  
h = Altura de la caja de entrada

Esta ecuación es ideal ya que no se ha introducido un factor de corrección debido a la densidad y viscosidad de la pasta, por lo que la ecuación (1) quedaría:

$$V = C_v (2gh)^{1/2} \quad (2)$$

donde:

$C_v$  = Coeficiente de viscosidad = 0.97

La densidad y la viscosidad son factores importantes en la ecuación (2), ya que para variaciones de las condiciones de entrada, tales como consistencia de caja de entrada, tipo de materia prima utilizada, temperatura de la pasta, el coeficiente de viscosidad cambia. En este estudio consideraremos condiciones ideales en la que dichos cambios no ocurren.

Basándonos en la relación existente entre la velocidad del chorro y la carga total de la caja de entrada de la ecuación (1), podemos determinar la cantidad de pasta que sale de la caja de entrada por unidad de ancho:

$$q = C_d b V \quad (3)$$

donde:

q = Volumen de pasta que sale de la caja de entrada  
b = Abertura del labio  
 $C_d$  = Coeficiente de descarga del chorro, el cual depende del tipo de caja de entrada (diseño), de la abertura del labio. En términos generales este coeficiente es 0.85

Por lo que la cantidad de fibra que hay en la pasta está dado por:

$$M = qk \quad (4)$$

donde:

M = Cantidad de fibra  
k = Consistencia (%)

## **RODILLO DE PECHO**

El rodillo de pecho es el rodillo de retorno de la tela que se encuentra ubicado bajo el labio inferior de la caja de entrada y que es impulsado por la tela de formación. Este rodillo debe ser lo suficientemente rígido para tener una deflexión mínima y de esta forma prevenir la formación de arrugas en la tela de formación.

La distancia que existe entre el rodillo de pecho y el labio inferior de la caja de entrada es muy importante para obtener una buena formación de papel así como controlar el drenado que éste pudiera tener (el drenado en el rodillo de pecho también depende del ángulo que tiene el flujo de pasta que sale de la caja de entrada y de su punto de impacto en la mesa de formación).

La mayoría de los rodillos de pecho poseen una superficie plana recubierta con caucho o son fabricados en bronce, sin embargo existen rodillos de pecho que poseen una caja de succión en su interior.

## **FORMING BOARD**

La mayoría de las máquinas fourdrinier tienen una estructura estacionaria adyacente al rodillo de pecho conocida como forming-board.

El nombre de "forming board" surge probablemente, como el resultado de la observación de algunos papeleros que, al modificar su localización afectaban considerablemente la formación de la hoja. Se reconoce fácilmente ya que cuenta con una cuchilla de gran tamaño o lámina principal y una o más cuchillas pequeñas después de ésta.

El forming board tiene dos funciones:

La primera es soportar la tela y mantenerla tensa en la región que sigue al rodillo de pecho. En esta región la tela tiende a caerse por su propio peso y por la succión que se crea con el movimiento del rodillo de pecho.

La segunda función del forming board es retardar temporalmente el drenado para permitir la formación de la hoja.

El forming board debe ser paralelo a la tela y la distancia que debe tener con respecto al labio de la caja de entrada debe ser ajustada para eliminar el efecto del contraflujo de la pasta, asimismo, para compensar el impacto del chorro sobre el forming board, debe estar ligeramente elevado con respecto a los demás elementos de la mesa de formación, de manera que la tela recorra suavemente el filo del mismo. La figura no. 2.2 ilustra un esquema de forming board típico.

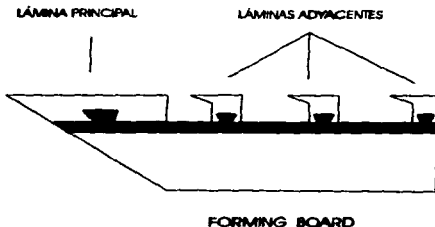


Fig. 2.2 Principales componentes del Forming board

Algunas de las deficiencias de la caja de entrada pueden ser minimizadas modificando el área abierta del forming board - las áreas abiertas típicas son de 20 a 40% dependiendo del tipo de papel a fabricar - dejando que el agua drene con los siguientes elementos del área de formación. El forming board debe ser colocado a una distancia tal que la primer lamina del mismo drene del 5 al 15% del flujo de la caja de entrada. Bajo estas condiciones se tiene una buena retención y se evita el fenómeno de sellado la hoja de papel.

#### RODILLOS DESGOTADORES.

Algunos años atrás el método usual para soportar la tela de formación sobre la mesa y para provocar drenado era la utilización de rodillos desgottadores. El desarrollo de los foils ha causado la sustitución de los rodillos desgottadores en los últimos años.

Los rodillos desgottadores deben ser lisos, rígidos y dinámicamente balanceados, ya que cualquier vibración a altas velocidades puede causar que la masa de formación vibre y que la suspensión sufra perturbaciones. Ya que los rodillos son girados por la tela, deben ser lo más ligero posible y deben rotar con una fuerza mínima.

Estudios realizados en los rodillos desgottadores demuestran que la superficie del rodillo que está en contacto con el lado máquina de la tela crea un vacío a la salida del área de contacto. El efecto de esta succión facilita el drenado de la suspensión. Se encontró que la succión inducida es proporcional al diámetro del rodillo y la velocidad de la máquina e inversamente proporcional a la resistencia de drenado de la tela y del material fibroso que se encuentra en la superficie de la tela.

La magnitud de la succión es independiente del diámetro del rodillo y su localización, pero depende de la velocidad de la máquina. A una velocidad de 2,500 ft/min se llega a la presión parcial de vapor del stock y éste comienza a hervir.

- La fórmula que describe la relación existente entre la cantidad de drenado, diámetro del rodillo y la velocidad de la máquina publicada del tappi es la siguiente:

$$P = \frac{DV^m}{Ro} \quad (5)$$

donde:

- D = Diámetro del rodillo desagotador
- V = Velocidad
- m = 0.3 a 2.0 para diferentes pulpas
- Ro = Factor de resistencia al drenado

## HIROFOILS

Los rodillos desagotadores se usaron inicialmente para soportar la tela, sin embargo con el transcurso del tiempo fue evidente que eran responsables de una gran cantidad del agua drenada a través de la tela de formación. Cuando las velocidades y anchos de máquina aumentaron, las perturbaciones que tenía el stock debido a la succión que provocaban éstos, llegaba a ser un factor limitante de productividad y calidad. Los problemas más grandes que se tenían en la formación de la hoja eran los siguientes: salto continuo de la pasta, pérdida de finos y editivos, además a baja retención (de finos).

Los primeros intentos para utilizar "hidrofoils" no tuvieron éxito ya que el desgaste de las telas y del mismo hidrofoll era excesivo debido a la fricción excesiva entre ámbos, ocasionando un incremento considerable en la carga del motor; los materiales con que se elaboraban los hidrofoils no eran los adecuados para las telas metálicas que se utilizaban en aquellos años, y hasta el año de 1960 la mayoría de las máquinas fourdrinier utilizaban rodillos desagotadores.

Durante este período la utilización de telas sintéticas en máquinas de papel pequeñas y lentas reemplazo el uso de telas metálicas. La utilización de acero inoxidable en las tapas de las cajas de succión fue satisfactorio con telas sintéticas, por lo que los primeros hidrofoils que se fabricaron también se elaboraron con este material en el año de 1962.

Se observó que los foils extraían menos agua que los rodillos desagotadores (de 1/2 a 1/5), pero la facilidad de colocarlos juntos, — hasta 5 o 6 en lugar de un rodillo desagotador — provocó que la capacidad de drenado por gravedad en la masa de formación se incrementara (en algunos casos hasta el doble) al sustituir los rodillos desagotadores por foils.

El desarrollo de recubrimientos de poliuretano y del poliuretano de alta densidad en los foils demostró que se obtenía una resistencia mayor al desgaste y menores coeficientes de fricción.

Este diseño se utilizó satisfactoriamente con telas metálicas, por lo que aceleró la introducción de los foils en todo tipo de máquinas fabricando diferentes tipos de papel. Algunas de estas máquinas utilizan una combinación de foils y rodillos desgasadores, mientras que otras solo utilizan foils; la tendencia a futuro será reemplazar los rodillos desgasadores por foils.

Algunos autores también les llaman cuchillas de succión, tienen un borde activo que barre el agua que existe en la parte inferior de la tela, una superficie plana que soporta la tela y una superficie de anastro divergente. En la fig. No. 2.3 se muestra un hidrofoll de máquina de papel.

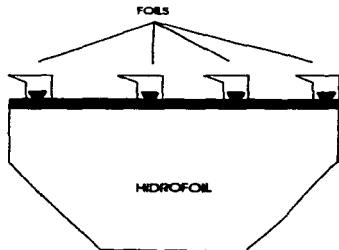
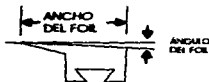


Fig. 2.3 Arreglo de un hidrofoll.

Como lo demostró Taylor, la succión se crea en la cuchilla a lo largo de la superficie divergente cuando la tela se separa de la superficie de la cuchilla (fig 2.4). Esta succión aumenta cuando el ángulo de la cuchilla en relación con la tela aumenta. La succión producida por una cuchilla nunca llega a la ocasionada por un rodillo de masa. En general, la eliminación del agua es casi la mitad de la que elimina un rodillo de masa en la misma posición. Taylor suministró un análisis acerca del drenado de la cuchilla, en el que no se tenía en cuenta la deflexión de la tela, pero con el que se lograba una buena predicción del drenado de las cuchillas en la primera parte de la masa formadora. Su fórmula para el drenado en la cuchilla por unidad de ancho,  $Q$  es la siguiente:





### FOIL INDIVIDUAL

Fig. 2.4 Principales características de un foil individual.

$$Q = a(1-a) \frac{\rho V^2 K}{\mu} \quad (6)$$

donde:

$$a = \frac{\alpha L}{K \rho V} \quad (7)$$

- $\alpha$  = Angulo de cuchilla
- $\mu$  = Viscosidad del fluido
- $K$  = Constante
- $\rho$  = Densidad del fluido
- $V$  = Velocidad de la tela
- $L$  = Largo de la cuchilla

El siguiente gráfico (2.5) ilustra los valores obtenidos con la ecuación de Taylor, utilizando los datos de Wrist® una velocidad de 10.16 M/seg. (200 FT/MIN)

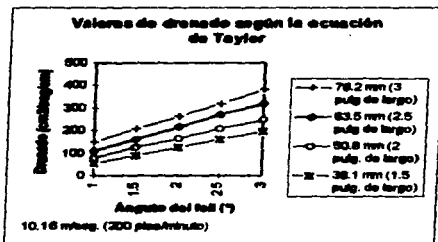


Fig. 2.5 Valores de drenado según la ecuación de Taylor.

Es interesante observar que la ecuación de Taylor se reduce a la siguiente proporcionalidad cuando tienen ángulos muy reducidos y altas velocidades.

$$Q \propto \alpha LV \quad (8)$$

$$Q = K\alpha LV \quad (9)$$

donde el valor de la constante K está dado por:

$$K \approx 1.3 \sim 1.5 \quad (10)$$

Recientemente se ha llegado a la conclusión de que como el ángulo y el largo de la cuchilla pueden variarse a lo largo de un margen práctico manteniendo un drenado constante, por lo que la selección de determinada cuchilla no solo debe basarse en la velocidad de drenado; debe incluir factores como control de drenado, control de turbulencia, retención de finos y consideraciones estructurales.

Algunos estudios muestran que la cantidad de agua removida por un foil depende del ángulo y longitud del mismo; de la consistencia de la hoja, de la velocidad de la máquina, etc. (peso base, tipo de materia prima)

Las principales ventajas que se obtienen con el uso de foils en lugar de rodillos desgatadores son las siguientes:

- Disminución de la pérdida de finos
- Posibilidad de aumentar la velocidad de la máquina, cuando el factor limitante es la capacidad de drenar agua.
- Mejor distribución de finos en la hoja de papel.

## VACUOFOILS

Son cajones de foils cerrados a bajo vacío. En la mesa de formación tienen 2 funciones fundamentales:

- Desgotar agua, cuando los foils no son eficaces y,
- Preparar la hoja para mejorar la eficiencia de las cajas de succión

Actualmente se instalan cajones de vacuofolils, con un área abierta del 75 al 90%, sometidos a un vacío que varía entre 0 y 25 mm de columna de agua.

Bien optimizados, deben dejar la hoja a la salida con una sequedad de 5 a 9%, dependiendo del tipo de papel y composición de la pasta alimentada. En muchos casos los vacuofolils pueden substituir a cajas aspirantes, con el ahorro energético consecuente. Actualmente se instalan cajones de vacuofolils con 2 zonas de vacío, para mejorar su efectividad en la parte más seca.

En gramajes gruesos, puede mejorarse la formación, instalando un cajón de vacuofoil, trabajando a bajo vacío, entre los foils. Este cajón fija la hoja y evita floculaciones posteriores.

A continuación se presenta las características de una unidad de vacuofoil<sup>®</sup> utilizada en máquinas de papel que tiene un compartimiento de vacío:

#### VACUOFOIL

|               |                                              |
|---------------|----------------------------------------------|
| Freeness:     | 500 A 600 CSF                                |
| Peso Base:    | 0.075 lb/ft A 0.217 lb/ft                    |
| Velocidad:    | 800 ft/min.                                  |
| Área Abierta: | 7 cuchillas de 5.25" y una longitud de 31.5" |
| Vacío:        | 10" h <sub>2</sub> O                         |

La regla utilizada para predecir el funcionamiento de cualquier unidad de vacuofoil<sup>®</sup> con comportamiento individual se basa en el nivel de vacío utilizado y el tiempo de exposición de la hoja. Algunas correcciones deben hacerse para las siguientes variables.

- 1) Velocidad
- 2) Área Abierta
- 3) Nivel de Vacío utilizado

La figura (2.6) muestra un esquema de unidades de vacuofoil<sup>®</sup> con un compartimiento de vacío.

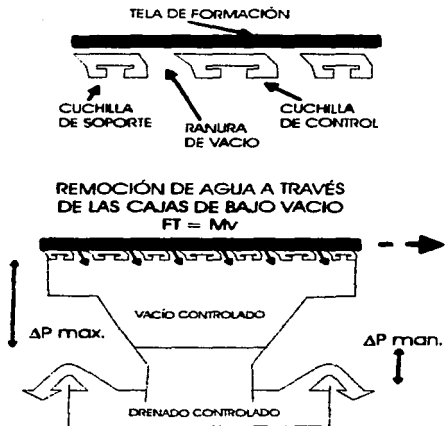


Fig. 2.6 Remoción de agua a través de un vacuofol.

Realizando un balance de flujos, tenemos lo siguiente:

**FLUJO DE ENTRADA = Flujo salida + flujo drenado por la unidad**

que podemos reescribir como sigue:

$$\frac{P.B. \times 100 \times V}{C_i} = \frac{P.B. \times 100 \times V}{C_L} + 8.34Q$$

- P.B. = Peso base en lb/ft
- V = Velocidad en ft/min.
- $C_i$  = Consistencia a la entrada del vacuofol\* en %.
- $C_L$  = Consistencia a la salida del vacuofol\* en %.
- Q = Cantidad de agua drenada en gpm/ft.
- 8.34 = Factor de conversión (lb/gal de agua).
- 100 = Factor para convertir de % a valores absolutos la consistencia.

Existen también unidades con 2 compartimientos de vacío, los cuales han sido utilizados satisfactoriamente para reducir la fricción existente entre la tela y las cajas de succión, manteniendo la misma cantidad de agua removida. Las máquinas limitadas en longitud, se han utilizado unidades con 2 compartimientos de vacío para reducir la longitud de masa requerida y para utilizar 2 niveles de vacío diferentes sin interrumpir el contacto de la hoja con el vacuofol.

En este tipo de aplicaciones la unidad es colocada en la zona de las cajas de succión lográndose una mayor eficiencia de drenado —comparada con las cajas de succión—, lo que permite una reducción en la potencia requerida y un incremento de producción.

#### **OTRAS APLICACIONES (vacuofolts):**

La gran eficiencia de drenado que tiene la unidad permite su utilización para el control de la consistencia de la hoja en máquinas fourdrinier que utilizan rodillos dandy (fig. 2.7) o en máquinas que producen "liner" con 2 cajas de entrada.



Fig 2.7 Utilización de Vacuofolts en máquinas Fourdrinier con rodillo Dandy.

Finalmente podemos decir que en cualquier lugar que se utilicen después de la "línea seca", las unidades de vacío son muy eficientes.

#### **CAJAS DE SUCCION**

Dentro de la masa de fabricación en una máquina de papel, existen elementos de formación y elementos de drenado, las cajas de succión están clasificadas dentro de este último grupo. De acuerdo con el papel que se este fabricando y las condiciones específicas de cada máquina, se encuentran ubicadas en el un punto que está entre las consistencias de 1.5 a 2.0% dado que los rodillos desgatadores y los foils no eran eficientes para el drenado de la hoja de papel. La utilización de "vacuofolts" permitió un aumento de la consistencia de la hoja a la entrada de las cajas de succión en valores que fluctúan entre 5 y 9% sin incrementar considerablemente la potencia requerida; actualmente los papeleros tienen que establecer la "línea

húmeda" y la "línea seca" y, secar la hoja hasta 14 ó 17% de consistencia a la salida de las cajas de succión.

Para conseguir los valores de consistencia deseados es necesario usar cajas con vacíos mayores, que van de 5 a 10 pulgadas de mercurio. Estas cajas que se colocan a lo largo de la mesa de formación, tienen una cubierta cuya longitud es mayor al ancho de la tela de formación y que está en contacto directo con la tela por la parte inferior de la misma.

Dichas cubiertas tienen aberturas a través de las cuales se hace el vacío sobre la hoja de papel, dichas aberturas tienen como formas principales las de barrenos cilíndricos y ranuras con diferentes diseños en su arreglo y número.

La operación más eficaz requiere que el vacío sea incrementado del extremo húmedo al seco. La primera caja remueve una gran cantidad de agua y poco aire, en las siguientes cajas la relación va en aumento a favor del aire y en contra del agua.

Vacíos más altos en las cajas de succión hasta límites razonables permiten una mayor remoción de agua, pero provocan desgastes mayores en las cubiertas de las cajas y resultan en un mayor uso de fuerza en el movimiento de la tela. Es necesario realizar un balance económico entre el aumento de producción contra desgaste de las cubiertas y el mayor uso de energía, para poder determinar los vacíos más convenientes.

A continuación se presenta una tabla donde se indican los vacíos comúnmente utilizados en una máquina de papel:

#### NIVELES DE VACIO Y SUS PUNTOS DE APLICACION

|                              |                   |
|------------------------------|-------------------|
| Vacuofils                    | 0 - 25" COL. AGUA |
| Cajas de Succión             | 3 - 10" HG        |
| Rodillo Couch (Bajo Vacío)   | 10 - 15" HG       |
| Rodillo Couch (Alto Vacío)   | 20 - 25" HG       |
| Rodillo Pick Up (Succión)    | 18 - 22" HG       |
| Prensas (Alto Vacío)         | 20 - 22" HG       |
| Prensas (Zona de Adherencia) | 5 - 10" HG        |
| Acondicionamiento de Filtros | 10 - 18" HG       |

Los factores que deben tomarse en cuenta para la selección de una caja de succión son el área abierta de la misma, el material de la cubierta de la misma (polietileno de alto peso molecular o cerámica) y el rango de succión con el que se puede trabajar.

## RODILLO "COUCH" (RODILLO DE SUCCION)

El rodillo "couch" es el rodillo matriz de la máquina fourdrinier, no obstante algunos de los rodillos de retorno pueden serlo. Prácticamente todos los rodillos utilizados actualmente, son perforados y tienen una o dos cajas de succión internas tal como se muestra en la figura No. 2.6.

## RODILLO COUCH



Fig. 2.6 Rodillo Couch con una y dos cajas de succión

Cuando la hoja llega al rodillo couch, ya está formada y debe ser preparada para resistir roturas durante su recorrido a través de las succiones de prensas y secado. El rodillo couch representa el elemento de la máquina de papel que tiene el vacío más elevado.

Debido a que el nivel de vacío utilizado en las cajas de succión está limitado, la consistencia de la hoja en este punto oscila entre 15 - 18%. El rodillo "couch" no está limitado por la fricción (de hecho, a mayores vacíos ayuda a prevenir el deslizamiento de la tela) y por consiguiente vacíos de 15 a 25" de HG son comunes, alcanzándose consistencias a la salida del couch entre 18 y 25%, dependiendo del tipo de papel fabricado.

### EQUIPO ADICIONAL

#### RODILLO DANDY (DANDY ROLL)

El cilindro Dandy es un armazón metálico recubierto con una tela metálica en su superficie, este rodillo se sitúa sobre la mesa de formación en un lugar donde la consistencia de la hoja sea cercana a 3.5 ó 4%. Este rodillo es usado en máquinas donde se producen papeles finos o de impresión ya que mejora la formación y puede

crear "marca de agua" en la hoja de papel. Al entrar la hoja en contacto con el rodillo dandy, este la presiona contra la tela de formación permitiendo un mayor drenado y al mismo tiempo efectúa una redistribución de fibras.

#### **RODILLO ROMPE-GRUMOS (LUMPBREAKER)**

Este rodillo mejora la sequedad de la hoja a la salida de la tela de formación, dado a que aplica una pequeña presión a la hoja de papel cuando ésta se encuentra sobre el cilindro couch.

#### **COLECTORES DE AGUA BLANCA (CHAROLAS)**

Los colectores de agua blanca se localizan bajo la estructura de la máquina de papel, para contener el drenado de agua blanca de la tela y evitar que esta caiga nuevamente en la tela por la parte inferior de la máquina. El agua es dirigida al lado motriz de la máquina de papel y vaciada a un sitio. Debido a que el colector más cercano a la caja de entrada contiene muchos sólidos, es práctica común recuperar la fibra contenida en el agua blanca para reducir pérdidas.

#### **RODILLOS DE RETORNO**

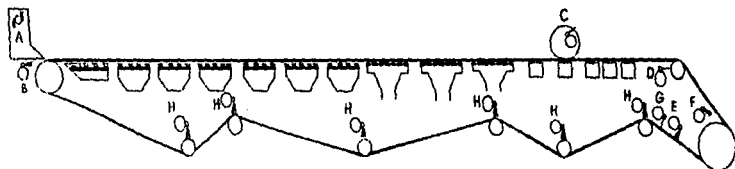
Los rodillos de retorno están localizados en el recorrido de retorno de la tela, en la parte inferior de la máquina de papel Fourdrinier y son utilizados para realizar funciones tales como el guiado de la tela, tensado de la tela de formación y en algunas ocasiones, como elementos motrices. Deben ser rígidos y usualmente se construyen con tubo de acero recubiertos con hule o fibra de vidrio.

#### **REGADERAS**

Distintos tipos de regaderas son utilizados en el recorrido de retorno de la tela para remover suciedad y/o pasta que pudiera haber quedado adherida a la tela. Las más comunes son las regaderas de "corta de trim (huizache)", "abanico" , "aguja", "inundación", etc. tal como se muestra en figura no. 2.9.

La figura no. 2.10 ilustra la ubicación del equipo utilizado en la mesa de formación de una máquina de papel.





- A. Regadera de Caja de entrada
- B. Regadera de Rodillo de Pecho
- C. Regadera de Dandy Roll
- D. Regadera de Rodillo de Succión
- E. Regadera de desprendimiento de corte de orillo (Knock-Off)
- F. Regadera de limpieza de ripo
- G. Regadera de Limpieza de la tela de Formación.
- H. Regaderas de limpieza de los rodillos de retorno.

Fig. 2.9 Ubicación de las regaderas en la mesa de formación de una máquina Fourdrinier

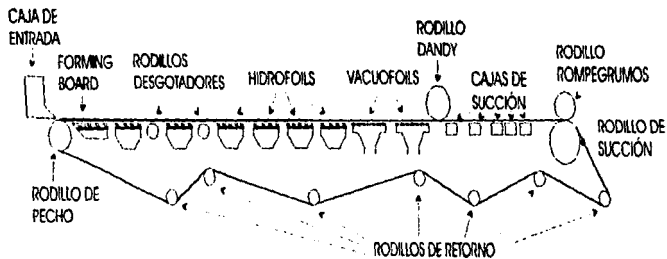


Fig. 2.10 Ubicación del equipo utilizado en la mesa de formación de una máquina Fourdrinier.

## **2.2 VESTIDURAS UTILIZADAS EN UNA MÁQUINA DE PAPEL**

La máquina de papel es en esencia un sistema de remoción de agua. Como se mencionó anteriormente, existen tres secciones en la máquina de papel donde se realiza esta remoción de agua:

- Sección de Formación
- Sección de Prensado
- Sección de Secado

Para cada una de las secciones anteriores se utiliza un tipo de vestidura adecuado a las características de la sección y a la calidad que se espera del papel en el enrollador. Las vestiduras que se utilizan en una máquina de papel son:

**TELAS DE FORMACIÓN (Sección de Formación)**

**FIELTROS (Sección de Prensado)**

**LONAS SECADORAS (Sección de Secado)**

Cabe mencionar que estas vestiduras son "sin fin" o cuentan con uniones que evitan la marcación de la zona de la costura en el papel.

Las vestiduras empleadas en la máquina de papel efectúan diversas funciones en la máquina de papel. A continuación sus principales funciones:

**Telas de Formación.** Las telas de formación proveen una superficie sobre la cual la solución acuosa de fibras forma una red de papel - húmeda -, así como un volumen libre de material sintético a través del cual se drena la mayor cantidad de agua posible, tratando de evitar la pérdida de material fibroso. Los principales requerimientos de una tela en una máquina de papel son los siguientes:

### **Mecánicas:**

- No debe presentar ondulaciones (Plana)
- Estabilidad dimensional longitudinal y transversal
- Resistente a la tensión
- Resistente al desgaste
- Resistente al daño ocasionado por el uso de regaderas de limpieza
- Permanecer siempre limpia

### **Operativas:**

- Drenado
- Retención
- Baja marcación

En la actualidad se fabrican cuatro tipos de telas de formación, que se clasifican de acuerdo con el número de capas que estas tienen:

Telas de formación de 1 capa ó MONOCAPAS  
Telas de formación de 2 capas ó DOBLE CAPAS  
Telas de formación de 2  $\frac{1}{2}$  capas ó DOBLE CAPA CON TRAMA  
ADICIONAL  
Telas de formación de 3 capas ó TRIPLE CAPA

**Filtro.** Los filtros absorben el agua que es removida de la hoja de papel por medio de presión y vacío en la sección de prensado, además guían y soportan la hoja de papel a través de esta sección.

Los Filtros deben poseer ciertas propiedades, entre las más importantes tenemos:

Estabilidad dimensional  
Resistencia al desgaste  
Drenado  
Uniformidad en la superficie  
Facilidad de limpieza  
Flexibilidad

**Parámetros específicos:**

Volumen vacío  
Compresibilidad  
Resiliencia  
Porcentaje de manta/base  
Peso  
Espesor  
Permeabilidad

Se clasifican de acuerdo con el material que está fabricada su estructura exterior ó "napa" y el tipo de unión que ésta tiene con el tejido base:

**CONVENCIONAL.** Tejido con lana ó una combinación de esta con algún material sintético. En la actualidad se utiliza muy poco en la industria.

**BATT-ON-BASE.** Consiste de una capa de fibra sintética agujada sobre un tejido base con multifilamentos en ambos sentidos de la tela base.

**BATT-ON-MESH.** Es un filtro similar al anterior con la diferencia que el tejido base es tejido con hilos de multifilamento ó monofilamento que tienen el diseño de una tela formadora.

#### **BATT-ON MESH - 4a. Generación**

**Monofilamentos retorcidos (en sentido transversal a la dirección máquina). Sin puntos de cruce (monofilamentos retorcidos en ambos sentidos del fieltro, ubicados en diferentes planos)**

**Laminados (Filtros que tienen dos ó más tejidos base, tejidos independientemente).**

**Filtros con Costura. Poseen un área de unión. Todos los filtros anteriores no poseen costura ya que son tejidos en forma tubular.**

**Lona Secadora. Es una vestidura que se utiliza en la sección de secado de la máquina de papel, sus funciones principales son soportar y guiar la hoja de papel a todo lo largo de la sección de secado, mejorar el contacto entre la hoja de papel y los cilindros secadores permitiendo una mejor transferencia de calor hacia el papel, evitar la formación de arrugas en el papel y controlar la contracción del papel.**

**Las principales características de las lonas secadoras son las siguientes:**

- Resistencia al desgaste**
- Resistencia al calor**
- Estabilidad dimensional**
- Plana**
- Facilidad de guiado**
- Superficie suave**
- Permeabilidad**
- Costura resistente y sin marcación**

**Se clasifican de acuerdo a su proceso de fabricación:**

**Lonas Tejidas. Pueden ser "sin fin" ó con costura.**

**Lonas Espirales. Se fabrican sin costurar y al momento de unirse - debido a sus características en la zona de unión - no presentan costura.**

**La mayoría de los fabricantes de papel prefieren este tipo de vestiduras con costura ya que la facilidad de instalación de las mismas y el ahorro de tiempo en la instalación de las mismas es de vital importancia. La siguiente figura (2.11) ilustra de manera general estos tipos de lonas secadoras .**

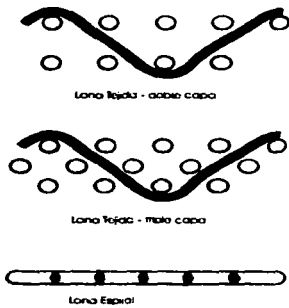


Fig. 2.11 Lanas utilizadas en la creación de espacio.

## **CAPÍTULO III**

# **PROCESO DE FABRICACIÓN DE LAS TELAS DE FORMACIÓN**

## **II.1 PROCESO DE FABRICACION DE TELAS SINTETICAS**

- 1) Selección de Materia Prima
- 2) Urldo
- 3) Enserado
- 4) Tejido
- 5) Termofjado
- 6) Costura
- 7) Acabado
- 8) Enpaque

### **1) Selección de Materia Prima.**

Los polímeros sintéticos han alcanzado en los últimos años una importancia relevante en la industria en general, actualmente son utilizados en forma de plásticos, hules ó fibras de alto peso molecular.

Dentro de la clasificación de los polímeros hasta ahora utilizados a nivel industrial, los más utilizados en la fabricación de telas sintéticas son el políester y la poliamida, debido a las características físico-químicas que poseen. A continuación se describe brevemente las características de los materiales mencionados:

### **POLÍESTER**

Este compuesto químico presenta las siguientes propiedades:

- Alta resistencia a la tensión.
- Alta resistencia a la abrasión.
- Alta flexibilidad.
- Alta resistencia a los ácidos (dependiendo del tiempo, concentración y temperatura de los mismos).
- Se hidroliza al estar en un medio alcalino fuerte.
- Temperatura de reblandecimiento 230 - 250 ° C
- Temperatura de Fusión 250 - 260 ° C

### **POLIAMIDA**

Se le conoce comúnmente con el nombre de Nylon y se le clasifica por el número de carbonos contenido en estos polímeros. Los diámetros que se utilizan normalmente para la fabricación de telas sintéticas se encuentran entre 0.13 mm hasta 1 mm.



Sus principales propiedades son:

- Alta resistencia a la tensión.
- Alta resistencia a la abrasión.
- Alta flexibilidad.
- Baja resistencia a los ácidos.
- Temperatura de reblandecimiento 220 - 235 °C
- Temperatura de fusión 255 - 260 °C

## 2) URDIDO

La operación del urdido consiste en embobinar los hilos longitudinales de la tela en forma ordenada y con una tensión uniforme en carretes metálicos de 0.5 m de diámetro y 20 cm de ancho denominados balonas o enjulos.

Los carretes en los que originalmente se dispone la materia prima se colocan en una estructura conocida como árbol (en términos técnicos también se le conoce con el nombre de fileta), donde se secan todos y cada uno de los hilos que, pasan a través de un horquillero y un peine para formar la balona. El número de dientes y de hilos en el peine depende del diámetro de los hilos y de la malla que se vaya a tejer. Un grupo de balonas, dependiendo del ancho del telar constituyen la "carga" del tejido.

**Ejemplo 1:** Calcular el número de balonas e hilos necesarios para fabricar una tela con las siguientes características:

Malla: 20 hilos/cm

Medidas: 62.50 x 5.20 m

### a) Cálculo del No. de balonas necesarias

$$Nb = Am/Ab \quad (1)$$

donde:

Nb : Número de balonas.

Am : Ancho de malla.

Ab : Ancho de la balona.

por lo que:

$$Nb = 5.20 / 0.20 = 26 \text{ balonas}$$

### b) Número de hilos por balona:

$$Nh/b = Malla \times Ab \quad (2)$$

donde:

Nh/b = Número de hilos por balona

Malla = Número de hilos / cm del tejido

Ab = Ancho de balona.

sustituyendo en la fórmula (2) tenemos:

$$Nh/b = 29 \text{ hilos/cm} \times 20 \text{ cm/balona} = 580 \text{ hilos/balona}$$

por lo que el total de hilos necesarios para toda la carga esta dado por:

$$Nht = Nb \times Nh/b \quad (3);$$

donde:

Nht = Número total de hilos

Nb = Numero de balonas

Nh/b = Número de hilos por balona

por lo que sustituyendo tenemos:

$$Nht = 26 \text{ balonas} \times 580 \text{ hilos/balona} = 15,080 \text{ hilos.}$$

En el ejemplo anterior el número de balonas necesarias para el ancho de la tela requerido fue exacto, pero cuando este número contiene fracciones decimales se pueden seguir 2 alternativas:

1a. **Alternative.** Formar la carga con balonas completas y el resto con medias balonas.

2a. **Alternative.** Si no se cuenta con medias balonas, se reparten los hilos en balonas completas, y en el caso de tener fracciones de hilo se debe colocar un hilo adicional.

**Ejemplo 2:** Considerar el ejemplo anterior con un ancho de malla de 5.10 m y en el caso de ser necesario utilizar los criterios mencionados.

a) No. balonas:

$$Nb = Am/Ab = 5.10 \text{ m} / 0.20 \text{ m} = 25.5 \text{ balonas}$$

a.1) Resolviendo con el criterio 1 tenemos:

$$Nh/b = \text{Malla}/Ab = 29 \text{ hilos/cm} \times 20 \text{ cm} = 580 \text{ hilos}$$

como tendremos una media balona calculamos el numero de hilos de ésta:

$$Nh1/b = 29 \text{ hilos/cm} \times 10 \text{ cm} = 290 \text{ hilos}$$

El número de hilos totales para la carga es:

$$Nht = 25 \text{ balonas} \times 580 \text{ hilos/cm} + 1 \text{ balona} \times 290 \text{ hilos/cm}$$
$$Nht = 14,790 \text{ hilos.}$$

- b) Utilizando el segundo criterio tenemos que considerar que no hay medias balonas disponibles:

$$N_{ht} = \text{Malla} \times \text{Ancho de tela} = 25 \text{ hilos/cm} \times 510 \text{ cm} = 14,750 \text{ hilos}$$

$$N_{hb} = N_{ht}/45 = 14750 \text{ hilos} / 25 \text{ balonas} = 591.6 \text{ hilos}$$

por lo que se consideraran 592 hilos.

### 3) ENSARTADO

Cuando se dispone del número necesario de balonas para fabricar una tela, éstas se colocan en la parte posterior del telar, por lo que la carga "corre" de la parte posterior del telar hacia el frente del mismo. El siguiente esquema (3.1) muestra la operación de un telar.

## EL TELAR

ESQUEMA GENERAL DEL TELAR

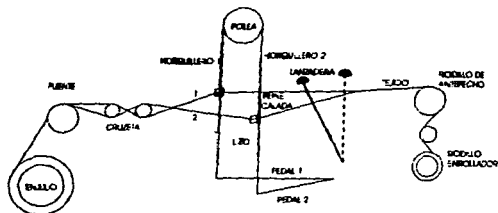


Fig. 3.1 Principales componentes de un telar.

Cada uno de los hilos que forman la carga se numeran y se pasan a través de horquilleros, cuyo número y movimiento alterna depende del diseño de tejido que se produce. A continuación los hilos pasan por los dientes del peine; el número de dientes utilizados estará en función del número de hilos de la malla. De esta forma quedan preparados los hilos longitudinales para tejer los hilos transversales.

### 4) TEJIDO

Los hilos longitudinales tienen un movimiento vertical por medio de las horquillas, para permitir el paso del hilo transversal entre ellos. Dicha inserción se lleva a cabo por medio de una lanzadera, que tiene un movimiento lateral en el telar, cada hilo de trama que se inserta en la urdimbre se troquea mediante un rodillo denominado

batán. Posteriormente se anudan los hilos y se enganchan en las agujas del rodillo delantero para fijar los hilos y permitir el enrollado de la malla cuando se teje.

## 6) TERMOFLAJADO

Una vez que la tela ha sido tejida, se une provisionalmente en sus dos extremos finales (la longitud de la misma depende del largo de la máquina de papel más cierta tolerancia), ésta se monta entre dos rodillos que se asemejan a un rodillo de pecho y a uno de retorno de una máquina de papel; se procede a girar la tela a determinada velocidad, aplicando una tensión que se incrementa a medida que disminuye la velocidad y aumenta la temperatura del proceso, hasta obtener las especificaciones de la tela. El alargamiento en sentido longitudinal y el encogimiento a lo ancho depende de las condiciones en que se realiza la termoflajación así como el tipo de tejido. Una vez que se ha termoflajado la tela, se determina la longitud exacta de la misma y se pasa al área de costura. Finalmente cabe mencionar que en esta operación se fijan las siguientes características de una tela de formación:

- 1) Número de hilos longitudinales/cm y transversales/cm de la tela.
- 2) Estabilidad dimensional en la tela de formación.
- 3) Monoplanidad de una tela de formación. (ésto se discutirá en el diseño de telas).

## 6) COSTURA

En esta etapa, se efectúa la unión definitiva de la tela, para obtener una banda sinfín, en la cual se reproduzcan las características del resto del tejido. Esta operación consiste en un deshido del hilo transversal en aproximadamente 13 cm. y el área de unión comprende aproximadamente 4 cm. Ver ilustración.

Es importante tener en cuenta que el ancho de la costura esta en función de los esfuerzos de tensión a los que se somete una tela de formación (lo cual se discute en el diseño de telas sintéticas). De un pedazo de la misma tela se toman 45 hilos transversales y se ponen en el patrón correcto para unir ambos extremos de la tela, estos hilos deben ser tensionados a (50 grf) para tratar de conservar las características de la tela en la zona de la costura.

## 7) ACABADO

El acabado se realiza en un equipo denominado retiradora. En esta parte del proceso se recorta la tela al ancho especificado por el cliente y se aplica un sellador químico a las orillas para evitar que por estas se deshile la tela, asimismo también se ligan las puntas de los hilos que sobresalen de la costura y se eliminan - en caso de ser necesario - cualquier defecto que presente una tela de formación: arrugas, manchas, etc.

## **B) EMPAQUE**

Una vez terminado el proceso de fabricación, la tela debe ser empaquetada en forma adecuada para evitar que la misma se dañe durante su traslado a la fábrica de papel. La tela se enrolla en 3 tubos de aluminio ó cartón puestos en forma triangular y se tensa ligeramente para evitar la formación de arrugas en la misma. Posteriormente se le coloca un plástico y se le sujeta en el interior de una caja de madera con las protecciones necesarias. Cabe mencionar que cualquier daño - por pequeño que sea - implica la mayoría de las veces la inutilización de la tela sintética. Los daños más frecuentes son: formación de arrugas en la tela, agujeros en la tela de formación, manchas, golpes que debilitan los hilos (machucamiento de hilos), rasadura de tela, etc.

## **III.2 FABRICACIONES EN MÉXICO**

Debido a la diversidad de máquinas de papel que existen en el mercado mexicano y al tipo de materia prima que se utiliza (celulosa de bagazo de caña, celulosa de madera, material reciclado en sus diversas modalidades, etc.), se fabrican en México una diversidad de telas de formación con diferentes tipos de tejidos y diámetros. En las tablas siguientes se muestran las principales características de las formadoras fabricadas en México. Estas características se discuten en el capítulo 4.





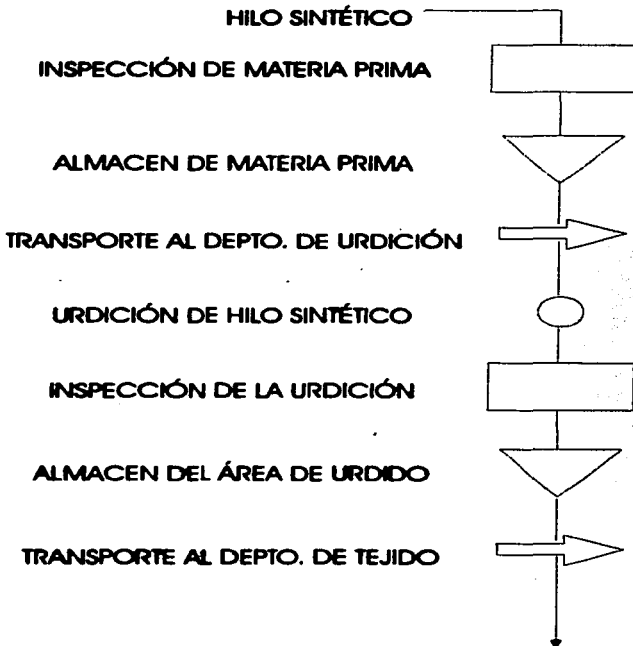




| UNIT NUMBER                 | UNIT    | SQ. FT. | EST. VALUE |                | EST. VALUE |         | EST. VALUE |     | EST. VALUE |      | EST. VALUE |      | EST. VALUE |     | EST. VALUE | EST. VALUE | EST. VALUE | EST. VALUE |
|-----------------------------|---------|---------|------------|----------------|------------|---------|------------|-----|------------|------|------------|------|------------|-----|------------|------------|------------|------------|
|                             |         |         | PA         | PER            | PA         | PER     | PA         | PER | PA         | PER  | PA         | PER  | PA         | PER |            |            |            |            |
| F HORTON<br>38970           | AT-1002 | 240     | 0.75 PE    | 0.00 PA        | 10x10      | 073     | 15         | 100 | 115        | 0    | 1.00       | 007  | 1.0        | 24  | 40         | 70         | 30         | NO-000     |
|                             |         |         | 0.75 PA    | 0.00 PER       |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 0.75 PA    | 0.00 PER-100   |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 0.75 PA    | 0.00 PER-00    |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
| F HORTON<br>38990           | AT-1002 | 240     | 17 PE      | 0.00 PA (VERD) | 20x21      | 017-000 | 2.00-2.00  | 100 | 125        | 0    | 1.00       | 750  | 1.00       | 10  | 40         | 60         | 20.0       | NO-000     |
|                             |         |         | 17 PE      | 0.00 PA-100    |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 17 PE      | 0.00 PA-25     |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 17 PE      | 0.00 PER-100   |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
| F HORTON<br>38990           | AT-1002 | 240     | 0.25 PE    | 0.00 PA (VERD) | 20x20      | 000-000 | 1.00-2.00  | 100 | 10         | 0    | 1.00       | 000  | 1.00       | 10  | 40         | 60         | 21.0       | NO-000     |
|                             |         |         | 0.25 PA    | 0.00 PER-00    |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 0.25 PE    | 0.00 PER-100   |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 0.25 PA    | 0.00 PER-00    |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
| F HORTON<br>38990           | AT-1002 | 240     | 0.25 PE    | 0.00 PA        | 20x20      | 000-070 | 2.00-2.00  | 100 | 125        | 7.0  | 0.00       | 070  | 1.00       | 20  | 40         | 70         | 21.0       | NO-000     |
|                             |         |         | 0.25 PA    | 0.00 PER       |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 0.25 PE    | 0.00 PER-100   |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 0.25 PA    | 0.00 PER-00    |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
| F HORTON<br>38991           | AT-1002 | 240     | 0.25 PE    | 0.00 PA (VERD) | 20x22.5    | 000-000 | 2.00-2.14  | 100 | 12         | 0.00 | 710        | 1.00 | 14         | 40  | 12         | 31.0       | NO-000     | (CHECK)    |
|                             |         |         | 0.25 PA    | 0.00 PER-00    |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 0.25 PE    | 0.00 PER-00    |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 0.25 PA    | 0.00 PER-100   |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
| F HORTON<br>PALMBA<br>38991 | AT-1002 | 240x3   | 7.00 PE    | 0.00 PER-100   | 20x20.5    | 000-000 |            | 100 | 0          | 0    | 0.00       | 000  | 1.00       | 20  | 40         | 60         | 22.0       | NO-000     |
|                             |         |         | 7.00 PA    | 0.00 PER-00    |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 7.00 PA    | 0.00 PER-00    |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |
|                             |         |         | 7.00 PE    | 0.00 PER-100   |            |         |            |     |            |      |            |      |            |     |            |            |            |            |

4-2

**III.3 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE FORMADORAS**



**TEJIDO DE HILO SINTÉTICO**

**TRANSPORTE AL DEPTO DE  
REVISIÓN Y LAVADO DE TELA**

**INSPECCIÓN DEL TEJIDO**

**REPARACIÓN Y LAVADO DE TELA**

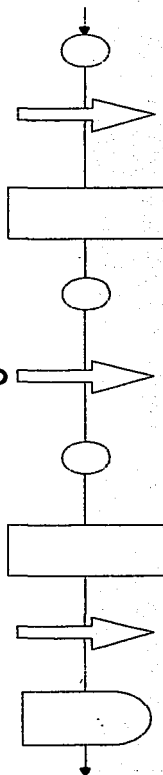
**TRANSPORTE AL DEPTO. DE TERMOFIJADO**

**TERMOFIJADO DE LA TELA**

**INSPECCIÓN DEL TERMOFIJADO**

**ALMACEN DEL ÁREA DE TERMOFIJADO**

**REPOSO DURANTE 72 HRS.**



**TRANSPORTE AL DEPTO DE  
MEDICIÓN Y CORTE**

**MEDICIÓN Y CORTE DE LA TELA**

**TRANSPORTE AL DEPTO. DE COSTURA**

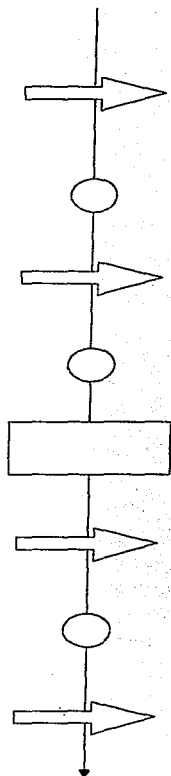
**ELABORACIÓN DE LA COSTURA**

**INSPECCIÓN DE LA COSTURA**

**TRANSPORTE AL DEPTO. DE ACABADO**

**ACABADO DE LA TELA**

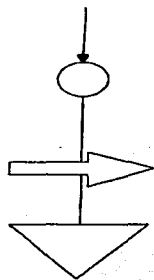
**TRANSPORTE AL DEPTO. DE EMPAQUE**



**EMPAQUE DE LA TELA**

**TRANSPORTE AL ALMACEN DE  
PRODUCTO TERMINADO**

**ALMACEN DE PRODUCTO TERMINADO**



## **CAPÍTULO IV**

# **PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS TELAS DE FORMACIÓN**

#### IV. PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS DE LAS TELAS DE FORMACIÓN.

- 1) Urdimbre, Trama y Malla de Telas de Formación.
- 2) Medición de malla (lupa y lunómetro)
- 3) Tipos de Telas de Formación.
- 4) Secuencia de Cambios o Cuadros en el Tejido.
- 5) Sobreplanidad y Monoplanidad.
- 6) Identificación del Lado Papel y Lado Máquina de una tela de formación.
- 7) Límite Máximo de Desgaste.
- 8) Permeabilidad.
- 9) Delta de Fijación.
- 10) Puntos de Apoyo.
- 11) Área Abierta

#### 1) HILO DE URDIMBRE, HILO DE TRAMA Y MALLA DE UNA TELA DE FORMACIÓN

**Hilo de Urdimbre:** Son aquellos hilos que están dispuestos longitudinalmente en el cuerpo de la tela y generalmente indican la dirección de la máquina de papel.

**Hilo de Trama:** Son aquellos hilos que están dispuestos transversalmente en el cuerpo de la tela. La figura (4.1) ilustra lo anterior.

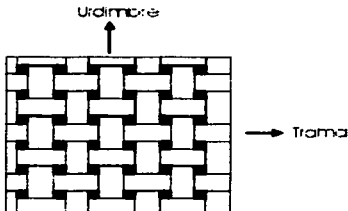


Fig. 4.1 Orientación de los hilos de urdimbre y trama en una tela de formación de papel.

**Malla:** Es la cantidad de hilos ó espacios entre los hilos de urdimbre en un centímetro. Lo mismo aplica para los hilos de trama, contados en un centímetro. Cuando la cantidad de hilos es considerada en una pulgada se le conoce como MESH.

## 2) MEDICIÓN DE LA MALLA

Generalmente la cuenta numérica de la malla se realiza con los siguientes instrumentos:

**LUPA/CUENTA HILOS:** Se trata de una lente, la cual en su base cuenta con una abertura cuadrática de 1 cm<sup>2</sup> ó de 1 pulgada cuadrados, el tejido es observado en forma ampliada (10 a 15 aumentos) facilitando el conteo de los hilos longitudinales y transversales de la tela. Es de suma importancia determinar con exactitud el número de hilos ya que de esto depende la calidad del papel a fabricar con dicha tela y los ajustes que se realizan en los telares para la fabricación de las mallas. A continuación se muestran diferentes técnicas utilizadas para determinar el número de hilos/cm ó pulgada con una lupa cuenta hilos, figuras (4.2, 4.3 y 4.4).

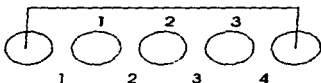


Fig. 4.2 Determinación del número de hilos/cm de un tejido considerando el extremo de la lupa sobre la malla de un hilo del tejido.

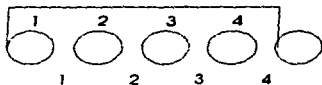


Fig. 4.3 Determinación del número de hilos/cm de un tejido considerando el extremo de la lupa sobre la posición inicial de un hilo del tejido.

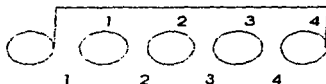


Fig. 4.4 Determinación del número de hilos/cm de un tejido considerando el extremo de la lupa sobre la posición final de un hilo del tejido.



**Lunómetro:** Es un pequeño aparato con graduación numérica, el cual al ser colocado sobre la tela causa un efecto óptico en forma de semi-círculo; el centro de este semi-círculo coincide con la escala del lunómetro obteniéndose de esta manera el número de hilos/cm ó pulgada del tejido. El lunómetro debe ser colocado transversalmente para determinar el número de hilos de urdimbre y longitudinalmente para obtener los hilos de trama. Cabe hacer mención que este instrumento es sumamente confiable en tejidos de una sola capa (monocapa). Sin embargo, para tejidos de más de una capa no es posible obtener lecturas con buena definición en los hilos longitudinales.

### 3) CONSTRUCCION DE TEJIDOS.

Un **TEJIDO** se define como el entrelazamiento perpendicular entre los hilos de urdimbre y trama de acuerdo a diseños que persiguen fines específicos - principalmente - mejorar las características de las telas dependiendo su aplicación. Para determinar la secuencia de un tejido, se debe analizar cada cambio o paso de los hilos y hasta que se vuelva a repetir la secuencia ó ciclo. La repetición coordinada de los ciclos forman el tejido en sí. A continuación se ilustra la determinación del número de cambios de algunos tejidos. (Figura 4.5).

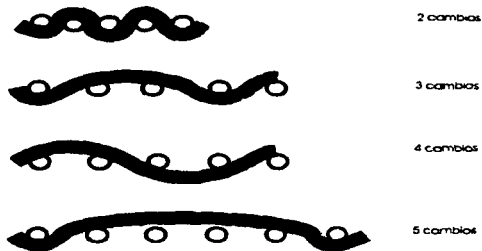


Fig. 4.5. Determinación del número de cambios de un tejido.

Es común representar el diseño de un tejido en forma esquemática, en donde se representa el lado papel y -opcionalmente- el lado máquina de la tela.

### 4) TIPOS DE TELAS DE FORMACION.

Actualmente se utilizan en el proceso de elaboración del papel los siguientes tipos de **Tela sintética**, clasificados por el número de capas que componen a la tela:

- Telas de 1 Capa o Monocapa.
- Telas de 2 Capas o Doble Capa
- Telas de 2 ½ Capas o telas Doble Capa con Trama Adicional
- Telas de 3 Capas o Triple Capa.
- Telas Compound o Monocapas unidas con Urdimbre Adicional.

A continuación se ilustran (4.6) los diseños que se fabrican en México.



Fig 4.6. Diseños fabricados en México.

### 5) SOBREPANIDAD Y MONOPLANIDAD DE UNA TELA DE FORMACION.

La **SOBREPANIDAD** de una tela de formación indica la diferencia de altura entre los hilos de urdimbre y trama en cada lado de la tela (lado papel y máquina de la misma). Es importante hacer notar que el hilo que se toma como base de referencia para determinar si la sobreplanidad es positiva o negativa es el de trama, cuando ambos hilos se encuentran en un mismo plano se dice que la tela es **MONOPLANANA** en determinado lado de la misma. El cálculo de la diferencia de altura entre los hilos de trama y urdimbre se efectúa de la siguiente forma:

- 1) Se determina el espesor de la tela a analizar.
- 2) Se lija cuidadosamente una pequeña área de una muestra de la tela a analizar y, como el hilo que generalmente se encuentra expuesto es la trama se termina de lijar cuando los hilos de urdimbre y trama se encuentran en un mismo plano, la verificación de lo anterior se realiza por medio de un microscopio.
- 3) Se mide el espesor final de la muestra.

La diferencia de espesores de la tela antes de lijar y después de lijar indica el valor de la sobreplanidad de la tela. El siguiente esquema (4.7) muestra el procedimiento anterior.

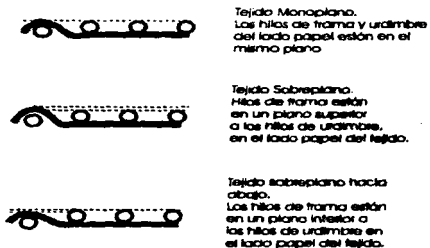


Fig. 4.7. Monoaplantid y Sobreaplantid de un tejido.

#### 6) IDENTIFICACION DEL LADO PAPEL Y LADO MAQUINA DE UNA TELA DE FORMACION.

**LADO PAPEL:** Generalmente es el lado superior de la tela, a esta superficie se le conoce como la de formación de una máquina de papel. La mayoría de los diseños utilizados en la industria del papel tienen una superficie monoaplana o lo más cercano a ella en el lado papel. Esta monoaplantid permite un mejor acomodo de las fibras del papel al inicio de la masa de formación.

**LADO MAQUINA:** Es el lado inferior de la tela de formación, que esta en contacto permanente con los elementos fijos de la masa de formación de la máquina de papel (forming board, hidrofolla, vacuofolla, etc.), en esta superficie inferior se trata de tener hilos de trama lo más sobreplanos posible, con la finalidad de soportar el desgaste y evitar el deterioro de los hilos de urdimbre.



Fig. 4.8. Lado papel y lado máquina de un tejido.

## 7) LIMITE MAXIMO DE DESGASTE

Es el punto máximo de desgaste que una tela puede soportar cuando esta instalada en una máquina de papel. Para calcular el espesor de la tela en el punto de desgaste máximo permisible, se han realizado diversas pruebas en laboratorio simulando la acción abrasiva de una máquina de papel. Para determinar el espesor mínimo se considera que el hilo que está más expuesto en el lado papel debe perder un 20% de su diámetro original; por otra parte también se considera que los hilos de urdimbre en el lado máquina de la tela deben consumirse en un 65% de su diámetro original. A continuación se muestra un esquema (4.9) el cual ilustra lo anteriormente expuesto.



Fig. 4.9. Determinación del límite de desgaste de una tela de formación

## 8) PERMEABILIDAD

El Departamento Nacional de Estándares de la Cámara de Comercio de los Estados Unidos de Norteamérica define a la permeabilidad como el número de pies cúbicos de aire a 68 ° F, con una presión barométrica de 29.92 mmHg y una humedad relativa de 69% que fluyen en un minuto a través de un pie cuadrado de tela cuando la caída de presión en la misma equivale a 0.5 pulg. de agua.

La permeabilidad se define como el flujo de aire que atraviesa un cuerpo, en este caso la tela, en un área definida a una diferencial de presión constante bajo ciertas condiciones específicas, sus unidades son pies cúbicos por minuto por pie cuadrado, otra forma de expresar la permeabilidad sería  $m^3/vm^2$  (sistema métrico). En la industria textil el valor de la permeabilidad se le designa comúnmente en C.F.M. debido a sus siglas (Cubic Feet per Minute). Existen varios factores que influyen en la permeabilidad de una tela de formación tales como: una variación de hilos longitudinales o transversales, diámetro de los hilos de urdimbre o trama, el estilo del tejido a analizar, el desalineamiento que exista entre los hilos transversales, el número de capas del tejido, etc. A continuación se esquematizan algunas de las situaciones anteriormente mencionadas (4.10).

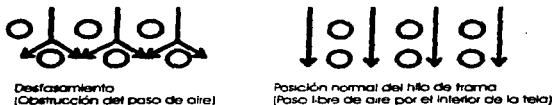


Fig. 4.10. Paso de aire a través de dos tejidos con diferente desalineamiento de trama.

### 9) DELTA DE FIJACION.

Después de que una tela sintética es terminada en el teler, pasa a un proceso de estabilización. Todos los tejidos plásticos muestran una tendencia de alargamiento, por lo que se les llama TERMOFLAJA. Con este proceso se logra la estabilización del tejido, ya que se logra que la tela no presente el mismo grado de alargamiento que antes de realizarlo; sin embargo existe un porcentaje de alargamiento residual. Este porcentaje es diferente para cada estilo de tela formadora. Para calcular el delta de fijación (Delta 10) se someten muestras de la tela a una prueba de esfuerzo-deformación a 10 kg/cm<sup>2</sup>. En una máquina de papel, la tensión de la tela oscila entre los 4 y 7 Kg/cm<sup>2</sup> por lo que el valor que se obtiene es muy confiable. El siguiente ejemplo ilustra el uso del delta 10.

Ejemplo: Se tiene una tela de formación con las siguientes características, determinar la dimensión final de la tela:

|                            |                      |               |
|----------------------------|----------------------|---------------|
| Largo:                     | 30.40 m              | Ancho: 3.50 m |
| Tensión máxima en la tela: | 5 kg/cm <sup>2</sup> |               |
| Delta 10:                  | 1.4%                 |               |

Solución: Considerando la mitad del delta 10 ya que la tensión máxima a la que esta sometida la tela es de sólo 5 kg/cm<sup>2</sup>, tendremos:

|                          |                                                                     |
|--------------------------|---------------------------------------------------------------------|
| % Alargamiento residual: | $1.4 \times 0.5 = 0.7\%$                                            |
| Incremento de dimensión: | $0.007 \times 30.40 \text{ m} = .2128 \text{ m} = 21.28 \text{ cm}$ |
| Longitud final:          | $30.48 \text{ m} + 0.2128 \text{ m} = 30.61 \text{ m}$              |

Cabe hacer notar que por lo general el cálculo del delta 10 se efectúa a 5 kg/cm<sup>2</sup> y que la tolerancia longitudinal en cada máquina de papel es diferente, por lo que no cualquier diseño puede ser utilizado en éstas y el cálculo del % de alargamiento debe efectuarse después de haberse seleccionado una tela de formación dada; también debe tomarse en cuenta que los tejidos multicapa poseen delta 10 de fijación menores a los monocapa.

### 10) PUNTOS DE APOYO.

Son los cruces existentes entre los hilos de urdimbre y trama en el lado papel por cm<sup>2</sup>, estos puntos de contacto sirven de soporte a las fibras contenidas en la suspensión para formar el papel; mientras más puntos de apoyo tenga una tela mejor será la formación del papel. Cada estilo de tela presenta un número de puntos de apoyo determinado por el número de tramas (superior o adicional según el tipo de tejido), urdimbres y el número de cuadros que tenga la tela a analizarse. La fórmula que determina el número de puntos de apoyo de una tela dependiendo del estilo de ésta es la siguiente:

$$P.A. = U/K \times T$$

(1) Para telas monocapa.

$$P.A. = (U/K \times T_2) \times 2 \quad (2) \text{ Para telas doblecapes.}$$

$$P.A. = (U/K \times T_2) \times 1.5 \quad (3) \text{ Para telas con trama adicional ó 2 1/2 capas.}$$

dónde:

U = No. de hilos de urdimbre.

T = No. de hilos de trama. (Telas monocapas)

T<sub>2</sub> = No. de hilos de trama superior. (Telas doblecapes)

### 11) ÁREA ABIERTA

El área abierta de una tela de formación es el área formada por espacios libres de la tela de formación, el flujo de aire no tiene ningún impedimento en esta área, esto se debe a que no existe material sintético en estos espacios.

El área abierta proyectada de una tela de formación, es el área abierta que se tiene en 1 cm<sup>2</sup> y, se calcula en porcentaje, su fórmula esta dada por:

$$A.A. = [1 - (U \times \text{diámetro de urdimbre})] \times [1 - (T \times \text{diámetro de trama})] \times 100\% , \text{ donde}$$

U = No. de hilos de urdimbre

T = No. de hilos de trama

Cabe mencionar que esta medida sólo se utiliza en telas monocapas.

## **CAPÍTULO V**

# **MÉTODO DE SELECCIÓN DE TELAS DE FORMACIÓN**

---

## V.1 MÉTODO DE SELECCIÓN DE TELAS DE FORMACIÓN MODELO TEÓRICO

### VARIABLES

Para establecer una relación entre la fibra y la tela de formación, - donde éstas son depositadas -, se idealiza el comportamiento de las fibras. Una descripción generalizada de la interacción existente entre las fibras y la tela se basa en:

- La longitud de fibra.
- La orientación común de la fibra.
- La geometría de la superficie de la tela que se encuentra en contacto con las fibras, en términos de variación del tejido y, el sentido de la máquina.

esta información es muy útil para predecir el funcionamiento de cualquier tela antes de instalarla en una máquina de papel determinada.

### ANÁLISIS TEÓRICO

#### LAS TELAS DE FORMACIÓN

Las telas de formación consisten - como ya se mencionó anteriormente - de hilos longitudinales y transversales entrelazados entre sí formando un tejido con cruces periódicos, específicos para cada aplicación, tal como se muestra en la siguiente figura (5.1).

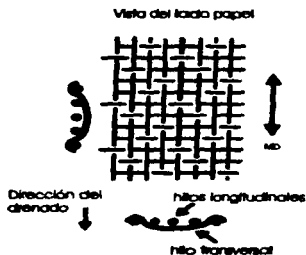


Fig. 5.1 Representación esquemática de una tela de 4 cruces



El patrón de cruces determina el tipo de tejido, que puede ser descrito como simétrico o asimétrico. Los tejidos simétricos, tienen la misma superficie en ambos lados de la tela. La mayoría de los tejidos son asimétricos o sea que en una superficie tienen un tipo de hilos predominantes (longitudinales o transversales).

### PARÁMETROS

Una tela puede parecer con un mesh continuo (fig. 5.2) donde la geometría del enrejado de soporte, la distancia entre centros de los hilos longitudinales y transversales se obtiene del mesh de la tela de formación.

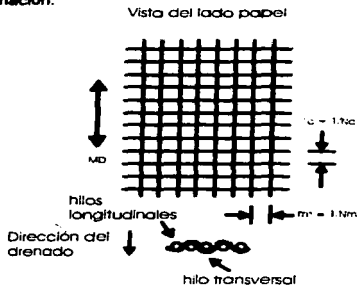


Fig. 5.2 Representación plana de una tela de formación.

Sin embargo, el comportamiento de la fibra sobre la tela sugiere que una representación más real de la tela es como la de la figura (5.3), donde se muestran las dos orientaciones de la tela. Este es un enrejado discontinuo, formado con distintos rectángulos con orientaciones preferenciales, que es el modelo propuesto.

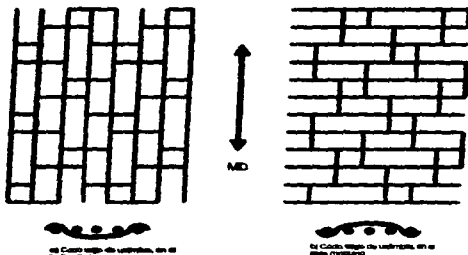


Fig. 8.5 Representación de una tela de formación mostrando su orientación preferencial.

Por lo que los parámetros de una tela serán:

- Hilo/pulg, Nm. Dirección longitudinal.
- Hilo/pulg, Nc. Dirección transversal.
- Tipo de tejido. (construcción del mismo).
- Orientación de la tela.

Las fibras son caracterizadas utilizando los siguientes parámetros:

- Longitud de fibra.
- Distribución de la longitud de fibra
- Ángulo relativo de la fibra con respecto a la dirección máquina.
- Ángulo de distribución de fibra en el lado superior de la tela de formación.

## HIPÓTESIS

Las hipótesis que se realizan en la interfase fibra-tela son:

- Solo los hilos superiores de la tela están considerados en la interfase fibra-tela
- El enrejado resultante de un patrón discontinuo es plano, y el ancho de los hilos se considera cero.
- La forma, dimensión y orientación predominante del enrejado rectangular de soporte, están en función del mesh, tipo de tejido y de la orientación de la tela.
- Los monofilamentos individuales en cada dirección están uniformemente separados.
- El ángulo de distribución del lado tela de las fibras puede ser descrito en 2 términos de la serie de Fourier.
- Las fibras se consideran cilindros rectos con un ancho igual a cero.
- Las fibras se acomodan en el plano del enrejado hipotético de retención.
- El comportamiento estadístico de una fibra en el enrejado de retención es una representación suficiente del comportamiento de todo el material fibroso.
- La longitud de fibra y el ángulo de distribución de fibra son independientes.

## ECUACIÓN DEL SOPORTE DE FIBRA

El modelo que define el soporte de fibra en términos teóricos, determina el número promedio de hilos de soporte que cruzan por cada fibra. La fórmula está dada por:

$$\bar{z} = \int_0^{\pi} \int_0^{\pi} \left\{ \frac{\lambda |\sin \theta|}{l'm} + \frac{\lambda |\cos \theta|}{l'c} \right\} \times \Lambda(\lambda) \times \Theta(\theta) \times d\lambda \times d\theta \quad (1)$$

donde:

$\bar{z}$

= Número promedio de hilos que cruzan / fibra.

- $\lambda$  = Longitud de Fibra.
- $\theta$  = Ángulo variable de la fibra, relativo a la dirección máquina.
- $l'm$  = Distancia entre centros entre los hilos de urdimbre.
- $l'c$  = Distancia entre centros entre los hilos de trama.
- $\Lambda(\lambda)$  = Distribución de fibra de acuerdo a su longitud.
- $\theta(\theta)$  = Ángulo de distribución de Fibra.

El ángulo de distribución de fibra puede ser expresado de la siguiente forma:

$$\theta(\theta) = (1/\pi) + e \cos 2\theta \quad (2)$$

donde:

$$0 \leq e \leq 1/\pi$$

sustituyendo e con 0 se obtiene una distribución random de fibras. (Papel hecho a mano) y sustituyendo e = 1/π se asemeja el ángulo de distribución de fibra encontrado en la mayoría de los papeles fabricados en una máquina de papel.

Integrando la ecuación (1) con e = 1/π resulta el índice de soporte de fibra (FSI-ingles en ingles), el cual incluye la longitud media de fibra y el número promedio de soportes/fibra:

$$FSI = (\pi/2) (\bar{Z} / \bar{\lambda}) = 2/3 (aN_m + 2bN_c) \quad (3)$$

donde:

- $\bar{\lambda}$  = Longitud media de fibra.
- $N_m$  = Número de hilos / pulgada, dirección longitudinal.
- $N_c$  = Número de hilos / pulgada, dirección transversal.
- a, b = coeficientes que contribuyen al soporte de fibra, dirección longitudinal y transversal respectivamente. (son función del tipo de tejido y dirección de la máquina).

por lo que el FSI se define para cada diseño de tela existente o no en el mercado.

## DETERMINACIÓN DE LOS COEFICIENTES A Y B DE UNA TELA DE FORMACIÓN

Para la determinación de los índices a y b de la fórmula anterior es necesario analizar la superficie de contacto de la tela con el material fibroso, esto es el lado papel de la misma.

El índice a se determina contando el número de puntos de apoyo de los hilos de urdimbre en el lado papel + 1 dividido por el número de cambios de la tela. Lo que se puede expresar de la siguiente forma:

$$a = \frac{\text{no. hilos de urdimbre de soporte de fibra en lado papel} + 1}{\text{no. cambios}} \quad (4)$$

De la misma manera se determina el índice b solo que se tiene que considerar los hilos transversales de la tela de formación que están en contacto con el material fibroso, por lo que quedaría:

$$b = \frac{\text{no. hilos de trama de soporte de fibra en el lado papel} + 1}{\text{no. cambios}} \quad (5)$$

El método anterior se utiliza para cualquier tipo de telas formadoras - monocapa, doble capa, triple capa, etc -, solo hay que considerar los hilos de urdimbre y trama que se encuentran en contacto con la fibra.

## RESULTADOS DE PRODUCCIÓN

El FSI ha sido utilizado para evaluar el comportamiento de soporte de fibra en varias telas. Los datos históricos de cada máquina fueron examinados para determinar el funcionamiento de las telas en términos de problemas de interfase, tales como escurrimiento, retención pobre, etc. La tabla (5.4) resume los resultados de algunas máquinas de papel. El análisis de las telas utilizadas en distintas máquinas, con elementos de drenado diversos y distintos grados de papel revelan un fenómeno común en las máquinas de papel:

Cada máquina requiere de un nivel muy bien definido de retención de fibra y debajo de este los problemas persisten. Entre los grados analizados podemos decir que:

Los papeles FINOS: requieren de un nivel alto de soporte de fibra.

TABLA 4

| Tipo de Máquina de papel | Elementos predominantes en la masa de formación | RANGO DE SOPORTE DE FIBRA (g) |               |               |    |    |               |               |               |               |    |    |
|--------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------------|---------------|---------------|----|----|---------------|---------------|---------------|---------------|----|----|
|                          |                                                 | 30                            | 60            | 70            | 80 | 90 | 100           | 110           | 120           | 130           |    |    |
| Fino                     | A Rodillos desgasadores                         |                               |               |               |    |    | ← ACEPTABLE → | ← ACEPTABLE → |               | 00            | 00 | 0  |
| Fino                     | A Felt                                          |                               |               |               |    |    | ← ACEPTABLE → | ← ACEPTABLE → | 0             |               |    |    |
| Fino                     | B Rodillos desgasadores                         |                               |               |               |    |    |               |               | ← ACEPTABLE → | ← ACEPTABLE → |    | 00 |
| Fino                     | B Felt                                          |                               |               |               |    |    | ← ACEPTABLE → | ← ACEPTABLE → |               |               |    |    |
| Fino                     | C Felt                                          |                               |               |               |    |    | ← ACEPTABLE → | ← ACEPTABLE → | 0             | 0             | 0  | 0  |
| Liner                    | A Rodillos desgasadores                         | ← ACEPTABLE →                 | ← ACEPTABLE → |               |    |    |               |               |               |               |    |    |
| Liner                    | B Rodillos desgasadores                         | ← ACEPTABLE →                 | ← ACEPTABLE → |               |    |    |               |               |               |               |    |    |
| Corrug.                  | C Felt                                          | ← ACEPTABLE →                 | ← ACEPTABLE → |               |    |    |               |               |               |               |    |    |
| Fino                     | Rodillos desgasadores                           |                               |               |               |    |    |               | ← ACEPTABLE → | ← ACEPTABLE → | 00            | 00 |    |
| Fino                     | Rodillos desg./Felt                             |                               |               |               |    |    | ← ACEPTABLE → | ← ACEPTABLE → |               | 00            |    | 00 |
| Liner                    | Rodillos desgasadores                           |                               | ← ACEPTABLE → | ← ACEPTABLE → |    |    |               |               |               |               |    |    |

Los papetes LINER: requieren de un nivel bajo de soporte de fibra, principalmente por las diferencias existentes en la longitud media de la fibra.

Debido al amplio número de variables en la pasta y en la máquina de papel que se pueden utilizar para determinar los valores críticos del FSI, estos valores no se definen teóricamente. Finalmente se concluye que los datos históricos de la máquina en combinación con el análisis del FSI usualmente revelan un nivel crítico esperable de soporte de fibra para cada máquina y grado producido de papel. Por lo tanto, el nivel crítico de soporte de fibra requerido para una tela dada se determina empíricamente tomando como base los datos obtenidos en una máquina de papel dada. Este método es el más utilizado para determinar un nivel crítico aproximado.

## **EJEMPLOS**

1  
Suponer un tejido plano, (1 x 1). La tela debe ser diseñada para la máquina de Corrugado Medio "C" de la tabla 1, el FSI requerido de la tela debe de ser 62 o mayor. Considerar los coeficientes a y b iguales a 1.

De la tabla 1, se observa que el valor mínimo de índice de soporte de fibra es de 62. Utilizando la ecuación no. 5:

$$FSI = (2/3)(a \times N_m + 2bN_t)$$

sustituyendo los coeficientes a y b con 1, se tiene que:

$$\begin{aligned} FSI &= (2/3)(N_m + 2N_t) > 62 \\ 2/3 X &> 62; X = (N_m + 2N_t) \\ X &> 93, \end{aligned}$$

varias combinaciones de mesh pueden ser evaluadas, una de las posibles es:

$$\begin{aligned} N_m &= 35 \text{ hilos/pulg.} \\ N_t &= 30 \text{ hilos/pulg.} \end{aligned}$$

sustituyendo tenemos:

$$FSI = 2/3 \times (35 + (2 \times 30)) = 63.3$$

Otras restricciones pueden ser aplicadas para mejorar durabilidad, drenado, etc.

2  
Asumir que una tela con un mesh y un tejido tal como el descrito en el ejemplo 1, debe construirse con el mayor diámetro posible de hilos longitudinales y transversales y ambos deben tener el mismo diámetro. Considerar un área abierta de aproximadamente del 20%.

Utilizando la fórmula para el área abierta tenemos:

$$(1 - N_m d_m) (1 - N_t d_t) = 0.20$$

dando:

$d_m$  = Diámetro del hilo en dirección máquina.

$d_t$  = Diámetro del hilo en dirección transversal.

sustituyendo se tiene:

$$(1 - 35x d_m) (1 - 30x d_t) = 0.20.$$

por otra parte se tiene que:

$$d_m = d_t$$

sustituyendo:

$$(1 - 35 d_m) (1 - 30 d_m) = 0.20; \text{ desarrollando}$$

$$1050d_m^2 - 65 d_m + 0.80 = 0$$

encontrando las raíces,

$$d_{m1} = 0.045 \text{ in}, d_{m2} = 0.017 \text{ in}$$

por lo que la solución al problema propuesto es:

$$d_m = d_t = 0.017 \text{ in}$$

Existen otras combinaciones de mesh en tejidos planos que puedan ser evaluados para obtener el mejor diseño. Sin la restricción del diámetro del hilo, las opciones disponibles se incrementan aún más.

A pesar de que este ejemplo no revela el criterio para escoger el área abierta, diámetro de hilos y combinación de mesh, se usó para ilustrar el procedimiento de selección o diseño de telas. En la práctica hay un rango mayor de telas de tela para mejorar las características del papel. Los coeficientes a y b asuman valores diferentes y únicos para cada tejido y orientación del mismo.



## **V.2 EVALUACIÓN DEL DRENADO DE UNA TELA DE FORMACIÓN**

El procedimiento para evaluar el drenado de la masa de formación en una máquina de papel fue desarrollado por la Asociación Técnica de la Industria de la Celulosa y el Papel de los Estados Unidos (- TAPPI - por sus siglas en inglés) y está contenido en la hoja de información técnica no. TIS 0410-07. Con este procedimiento se pueden evaluar la formación de la hoja y la retención de fibra que se tiene en una máquina de papel con una mesa tipo Fourdrinier, sin embargo el procedimiento descrito es un método de evaluación destructiva en el que se pierde la producción de la máquina de papel durante el tiempo en que se colectan las muestras de la máquina de papel. Existe un procedimiento alternativo en el que no se modifican las condiciones de operación de la máquina de papel, sin embargo para la elaboración del mismo es necesario contar con un equipo que consta de un sensor radiactivo que determina el peso del objeto a analizar - en este caso la pasta sobre la tela de formación - ó con un equipo de ultrasonido que determina el espesor de la suspensión sobre la tela este procedimiento está descrito en la hoja de información técnica no. 0502-12. El método utilizado consiste en un balance de masa tomando como base los valores de consistencia de la hoja sobre la mesa de formación y de agua drenada - los cuales son determinados de acuerdo a la hoja técnica no. T 240 -, el contenido de cenizas en las mismas - procedimiento no. T 211 - (dependiendo de las características del papel analizado) y las condiciones de operación de la máquina de papel.

### **Descripción del Muestreo**

Para la determinación del drenado de una masa de formación es necesario determinar la consistencia y el contenido de cenizas en la Caja de Entrada ó Cajas de Entrada de la máquina de papel y en cada uno de los elementos en los cuales se tomarán lecturas con el equipo de ultrasonido y en los recolectores de agua drenada de la máquina así como las condiciones de operación de la máquina de papel al momento de efectuar el estudio. Para aquellos elementos de la masa de formación en los cuales no se pueda obtener muestra de agua drenada se toma la muestra del recolector de agua de los mismos. La determinación de la consistencia y el contenido de cenizas se realizan de acuerdo a los métodos de TAPPI no. T240 y T211 respectivamente.

La toma de lecturas con el equipo de ultrasonido se debe realizar a la misma distancia de la orilla de la tela de formación con el propósito de minimizar variaciones en sentido transversal; el sensor debe colocarse en los distintos puntos de la masa de formación en los que se desea efectuar el análisis. Las mediciones hechas con el equipo indican el espesor de la suspensión sobre la tela de formación. La exactitud de estos valores tiene una relación directa en los cálculos de consistencia sobre la tela, por lo que se recomienda efectuar dos o más mediciones en los puntos seleccionados para verificar la repetibilidad de los valores obtenidos. A continuación se ilustra (5.5) una mesa de formación donde se indican los puntos donde se generalmente se toman las muestras y mediciones (El tipo y número de elementos de una mesa Fourdrinier varían de acuerdo a las condiciones de

operación e inversiones realizadas en la misma pero el método aplica para todas las mesas tipo Fourdrinier)



Fig. 5.5 Puntos de toma de muestras de agua blanca y de medición en una máquina Fourdrinier

## CÁLCULOS

Se efectúa un balance de material de la mesa de formación para determinar las consistencias y la cantidad de agua y fibra desalojados en cada uno de los elementos analizados. Para efectuar un balance de material en un elemento en específico ó en un grupo de elementos se asume que no existe pérdida de sólidos entre el último punto de medición de la mesa de formación (entre la última caja de succión y el cilindro couch) y el enrollador, sin embargo se considera que se pueden agregar sólidos en la superficie de la hoja en la prensa de encolado en las máquinas de papel que cuentan con la misma. La sumatoria de los resultados de cada uno de los elementos analizados define la operación de la mesa de formación. Los datos mínimos requeridos para efectuar los cálculos de drenado son los siguientes:

- Abertura del labio de la caja de entrada
- Ancho de la hoja a la salida de la caja de entrada
- Ancho de la hoja en la sección de prensas
- Ancho de la hoja en el enrollador
- Ancho de la caja de entrada
- Velocidad de la tela de formación
- Velocidad del chorro de pasta que sale de la caja de entrada
- Velocidad en el enrollador
- Peso base
- Humedad en el enrollador
- Tamaño del Ream
- Peso del recubrimiento agregado
- Consistencia de Headbox
- Canizas en el Headbox
- Mediciones de espesor de suspensión en cada elemento de drenado

## DEFINICIÓN DE TÉRMINOS Y SÍMBOLOS

- S = sólidos, lb/1000 ft<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)
- M = Medición de espesor de suspensión del equipo de ultrasonido
- T = Sólidos totales + agua, lb/1000 ft<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)
- C = Consistencia,  $\frac{\text{lb sólidos} + \text{agua}}{\text{lb sólidos}} = \frac{S}{T}$  (Kg/Kg)

$C_w$  = Consistencia de agua blanca,  $\frac{\text{lb sólidos}}{\text{lb sólidos} + \text{agua}}$

$A_w$  = porcentaje de cenizas en agua blanca,  $\frac{\text{lb cenizas}}{\text{lb sólidos}}$  (Kg/Kg)

$\Delta T$  = total de sólidos + agua removidos en un elemento, lb/1000 ft<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)

$\Delta S$  = sólidos removidos en un elemento, lb/1000 ft<sup>2</sup> (g/m<sup>2</sup>)

$\rho_{\text{agua}} = 1 \text{ Kg/dm}^3$

Como en todo balance de material los límites deben ser establecidos. En el caso de este procedimiento los límites se establecen alrededor de cada uno de los elementos de los que consta la masa de formación (rodillos desagotadores, cajas de hidrofolls, vacuofolls, etc.) ó pueden ser extendidos a lo largo de toda la masa de formación. En el caso de querer evaluar la masa de formación es recomendable evaluar el drenado de cada elemento de la masa de formación y, la suma del drenado de cada uno de los elementos define el funcionamiento de la masa de formación; si por otra parte sólo se realiza un balance de material considerando a la masa de formación como un elemento no se obtendría el comportamiento del drenado de cada uno de los elementos de la misma. A continuación se ilustra el balance de material realizado (5.6).

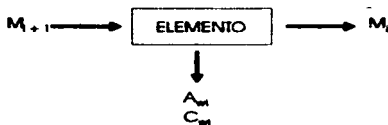


Fig. 5.6 Balance de material de cada elemento de la masa de formación.

Las cuatro variables ilustradas en el esquema anterior son determinadas en laboratorio y con el equipo de ultrasonido. La cantidad inicial de sólidos se calcula utilizando información del enrollador:

$S_R = \text{peso base} \times (1 - \% \text{ de humedad en el enrollador}/100)$

Para calcular la cantidad de sólidos que contiene la hoja de papel, se debe corregir el contenido de sólidos en el caso de que se agregue algún recubrimiento en la hoja de papel y por variación en el ancho de la hoja debida a encogimiento ó corte en alguna etapa posterior a la masa de formación:

$S_1 = (S_R - \text{recubrimiento}) \times \frac{\text{Ancho de la hoja en enrollador} \times \text{Velocidad en enrollador}}{\text{Ancho de la hoja en Couch} \times \text{Velocidad de la tela de form.}}$

Los cálculos restantes del balance de material se calculan de la siguiente manera:

$$T_1 = M_1 - FW \quad (1)$$

$$C_1 = S_1 / T_1 \quad (2)$$

$$T_{M1} = M_{M1} - FW \quad (3)$$

$$\Delta T_1 = T_{M1} - T_1 \quad (4)$$

$$\Delta S_1 = \Delta T_1 \times C_{M1} \quad (5)$$

$$S_{M1} = S_1 + \Delta S_1 \quad (6)$$

Como se puede observar los cálculos anteriores son repetitivos y pueden realizarse en computadora. Si se determinan los valores de cenizas se puede agregar otra ecuación para determinar la pérdida de cenizas en cada elemento. Además de los cálculos anteriores es necesario obtener el flujo de pasta en la caja de entrada para evaluar el drenado inicial en la tabla formadora, los valores requeridos son los siguientes:

$C_{M1}$  = Consistencia de la pasta en la caja de entrada,  $\frac{\text{lb sólidos}}{\text{lb sólidos} + \text{agua}}$  (Kg/Kg)

$T_D$  = sólidos + agua después de la tabla formadora,  $\text{lb}/1000 \text{ ft}^2 \text{ (g/m}^2\text{)}$

$C_{M2}$  = Consistencia de cherolas de la tabla formadora,  $\frac{\text{lb sólidos}}{\text{lb sólidos} + \text{agua}}$  (Kg/Kg)

$S_2$  = sólidos a la salida de la tabla formadora,  $\text{lb}/1000 \text{ ft}^2 \text{ (g/m}^2\text{)}$

Con la información anterior se determina el contenido de sólidos en la caja de entrada ( $S_{M1}$ ) y la cantidad de sólidos + agua en el mismo ( $T_{M1}$ )

$$T_{M1} = S_{M1} / C_{M1} \quad (7)$$

$$S_{M1} = S_2 + C_{M2} \times (T_{M1} - T_D) \quad (8)$$

revisando las ecuaciones anteriores para el contenido de sólidos + agua en la caja de entrada tenemos:

$$T_{M1} = \frac{S_2 - C_{M2} \times T_D}{C_{M1} - C_{M2}} \quad (9)$$

Las variables anteriores indican la calidad del drenado en la mesa de formación de una máquina de papel. Cuando se tabulan y se grafican, se obtiene el comportamiento de la mesa de formación y el desempeño de la tela utilizada en el momento de efectuar el análisis.

## **CAPÍTULO VI**

# **ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO**

## VI. ANÁLISIS DE UN CASO PRÁCTICO

Como se mencionó en el capítulo anterior, para la elaboración de un estudio de drenado en una máquina de papel tipo Fourdrinier, es necesario disponer de información específica acerca de la máquina y el proceso que va a analizarse, así como del equipo necesario para efectuarlo, en este caso de ultrasonido. Las gráficas y las tablas mostradas son el resultado de un estudio efectuado.

### 1) DRENADO

En el análisis se observa que el drenado de la masa de formación hasta antes de cajas planas es de 6483.1 lts/min.m, lo cual equivale al 82.7% de los 6827 lts/min.m alimentados por la caja de entrada.

El drenado que se efectúa en la masa de formación se presenta de la siguiente manera:

El forming board que ajustadamente está en operación drena 2158 lts/min.m lo que equivale al 38.4% del drenado total hasta antes de cajas planas; en el caso del rodillo desgotador, foite e hidrofoil se drenan 1338.3 lts/min.m lo que representa al 24.4% del total y los vacuofollos drenan 1967.8 lts/min.m lo que equivale al 38.2%.

El drenado total hasta antes de cajas planas es de 33,556.6 lts/min., de los 40,558 lts/min. alimentados por la caja de entrada, considerando el ancho de labio de 6.12 mts. Se observa también que el drenado de la masa no presenta una tendencia uniforme, ya que al inicio de la masa de formación se drena una cantidad considerable de agua y material fibroso.

### 2) PESO SARE DRENADO

El material drenado tanto de fibra como de cargas es de 37.98 gr/m<sup>2</sup> lo que representa el 23.8% del total alimentado por la caja de entrada, que corresponde a 158.7 gr/m<sup>2</sup>.

El material drenado se distribuye de la siguiente manera:

En la lamina del Forming Board se drenan 21.74 gr/m<sup>2</sup>, lo que representa el 57.3% del total de material drenado hasta antes de cajas planas; los elementos de drenado por gravedad restantes drenan 8.08 gr/m<sup>2</sup> lo que representa el 23.9% de material drenado y en los vacuofollos se drenan 7.10 gr/m<sup>2</sup> lo que equivale al 18.8%.

Los elementos que drenan una mayor cantidad de fibra son los siguientes: Forming Board, rodillo desgotador y el primer vacuofol.

La retención global de la máquina en la fecha del estudio fué de 78.8% misma que consideramos buena, para las condiciones de composición de pasta de la máquina en la fecha del estudio (100% reciclado, sin agente de retención).

### 3) RETENCIÓN POR ELEMENTO

Se ilustra en la gráfica de retención que los elementos de la masa de formación presentan una retención superior al 80% a partir del primer vacuofol; todos los elementos de drenado anteriores presentan una retención inferior.

La retención se va incrementando conforme se va formando la hoja de papel.

#### 4) CONSISTENCIA

Como se puede observar la curva de consistencia no es uniforme debido al drenado que presentan los elementos de la masa. La consistencia de la suspensión inicia con 1% que corresponde a la Caja de Entrada, hasta alcanzar un valor de 4.4% después del primer hidrotol.

## ANÁLISIS DE DRENADO

### DATOS TÉCNICOS DE FABRICACIÓN

| CANTONALES DE CEMENTO |                       | CANTONALES     |              |
|-----------------------|-----------------------|----------------|--------------|
| Código:               | 17/05/1000            | Código:        | 45.04 x 0.12 |
| Car. Múltipla:        | 0                     | Resistencia:   |              |
| Tipos de Papel:       | 127 gr/m <sup>2</sup> | Permeabilidad: |              |
| Ind. de Absorción:    | 410 mm/m <sup>2</sup> | Porosidad:     |              |
| Ind. de Resistencia:  | AS230C05              |                |              |

| DATOS TÉCNICOS DE FABRICACIÓN |       |                      |
|-------------------------------|-------|----------------------|
| Velocidad de la Talla:        | 410   | min/min              |
| Velocidad del Cilindro:       | 417.5 | min/min              |
| Gravado:                      | 127   | gr / m <sup>2</sup>  |
| Constante en M.L.E.:          | 1.00  | %                    |
| Abertura del Labio:           | 15.57 | mm                   |
| Temperatura de pasta:         | 30°   | grados cent. aprox.  |
| Reflexión:                    | 341   | cal ( x ) or ( )     |
| Constante cilindrada:         | 0.212 | %                    |
| Altera Caja de Entrada:       | 96    | plg H <sub>2</sub> O |
| GFCO:                         | 153   |                      |
| Módulo:                       | 57    |                      |
| Humedad:                      | 6.9   | %                    |
| Retención Global:             | 79.80 | %                    |
| gr:                           | 6.90  |                      |

| Caja    | Volumen en las Cajas |        |        |        |        |        |        |
|---------|----------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|         | Caja 1               | Caja 2 | Caja 3 | Caja 4 | Caja 5 | Caja 6 | Caja 7 |
| Vol. Kg |                      |        |        |        |        |        |        |
| Vol. Kg | 10                   | 14.5   | 9.5    | 9.5    | 9.5    | 4      | 4      |

TABLA 6.1 DATOS DE OPERACIÓN DE LA MÁQUINA DE PAPEL



**ANÁLISIS DE DRENAJO  
(LADO SERVICIO)**

|                                  |       |                                         |            |
|----------------------------------|-------|-----------------------------------------|------------|
| <b>CLIENTE:</b>                  |       | <b>FECHA DE ESTUDIO:</b>                | 11/06/1998 |
| <b>DIRECCIÓN:</b>                |       | <b>F. TOTAL ALEGREPUERTO (Lts/mín):</b> | 68850      |
| <b>PROYECTO:</b>                 | E     | <b>F. DE VELOCIDAD SELLA:</b>           | 2153700    |
| <b>DEBIDA (g/ml):</b>            | 127   | <b>COEFIC. EN GRASAS (g):</b>           | 1.00       |
| <b>SELA:</b>                     |       | <b>COEFIC. EN CASCARAS (g):</b>         | 0.212      |
| <b>VELOCIDAD DEL (g):</b>        | 0.99  | <b>COEFIC. EN COQUE (g):</b>            |            |
| <b>ASPHO DE SELLA (gts):</b>     | 0.12  | <b>VELOCIDAD DE SELLA (m/mín):</b>      | 418        |
| <b>ASPHO DE LABIO (gts):</b>     | 0.12  | <b>VELOCIDAD DEL JET (m/mín):</b>       | 617.8      |
| <b>SELA ADHESIV. DE F.B (g):</b> |       | <b>VELOCIDAD DE SELLA (m/mín):</b>      | ---        |
| <b>VELOCIDAD GLOBAL (g):</b>     | 78.88 |                                         |            |

**Datos del Análisis de Suspensión**

| Punto de<br>Muestra<br>(m) | Gravedad de<br>Suspensión<br>(g/l) | Concentración<br>Aguas Blancas<br>(%) | Cargas en<br>Aguas Blancas<br>(%) | Fibra en<br>Aguas Blancas<br>(g/l) | Cargas en<br>Aguas Blancas<br>(g/l) |
|----------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|------------------------------------|-------------------------------------|
| 1000                       | 15.27                              | 1.58                                  |                                   | 18.80                              |                                     |
| 2000                       | 18.78                              | 0.428                                 |                                   | 4.20                               |                                     |
| 3000                       | 8.89                               | 0.228                                 |                                   | 3.28                               |                                     |
| 4000                       | 8.12                               | 0.278                                 |                                   | 2.78                               |                                     |
| 5000                       | 7.89                               | 0.230                                 |                                   | 2.30                               |                                     |
| 6000                       | 6.88                               | 0.182                                 |                                   | 1.82                               |                                     |
| 7000                       | 3.94                               | 0.150                                 |                                   | 1.50                               |                                     |
| 8000                       | 3.14                               | 0.130                                 |                                   | 1.30                               |                                     |
| 9000                       | 2.74                               | 0.120                                 |                                   | 1.20                               |                                     |

**RESUMEN DE RESULTADOS**

|                                            |                             | <b>TOTALES</b>              |
|--------------------------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| <b>AGUA DRENADA EN EL FURNING BOARD:</b>   | 2189.9 Lts/Año/m            | 39.38%                      |
| <b>AGUA DRENADA POR SD, DP Y POILS:</b>    | 1356.3 Lts/Año/m            | 24.37%                      |
| <b>AGUA DRENADA POR LOS WEGUPOILS:</b>     | 1887.8 Lts/Año/m            | 36.29%                      |
| <b>SOLIDOS DRENADOS EN EL F.B.:</b>        | 21.71 (g/m <sup>2</sup> /D) | 87.33%                      |
| <b>SOLIDOS DRENADOS EN SD, DP Y POILS:</b> | 9.88 (g/m <sup>2</sup> /D)  | 23.81%                      |
| <b>SOLIDOS DRENADOS EN WEGUPOILS:</b>      | 7.18 (g/m <sup>2</sup> /D)  | 18.78%                      |
|                                            |                             | 37.98 (g/m <sup>2</sup> /D) |
|                                            |                             | 23.97%                      |

TABLA.2 DATOS OBTENIDOS DURANTE EL ESTUDIO DE DRENAJO

**ANÁLISIS DE DISEÑO  
(LABO SERVICO)**

|                                        |       |                            |            |
|----------------------------------------|-------|----------------------------|------------|
| CLIENTE:                               |       | FECHA DE ESTUDIO:          | 11/08/1988 |
| DIRECCIÓN:                             |       |                            |            |
| DISEÑO:                                | B     |                            |            |
| ESPELOR (g/m <sup>2</sup> ):           | 127   | F.P. ALBERTO (LBS/MSL):    | 4000       |
| TIPO DE TELA:                          |       | PREC. DE INSTALACIÓN TELA: |            |
| ÁREA DE TELA (m <sup>2</sup> ):        | 0.99  | CONSIST. EN MUD SOL (g):   | 1.00       |
| ÁREA DE LABIO (m <sup>2</sup> ):       | 0.12  | CONSIST. EN CERRILLAS (g): | 0.212      |
| ÁREA DE TELA DE F.B (m <sup>2</sup> ): | 0.12  | CONSIST. EN CUCHES (g):    |            |
| ÁREA DE TELA DE F.B (g):               |       | VELOCIDAD DE TELA (m/min): | 498        |
| MTV. GLOBAL (g):                       | 70.89 | VELOCIDAD DEL JET (m/min): | 417.8      |
|                                        |       | VELOCIDAD DE MUEL (m/min): |            |

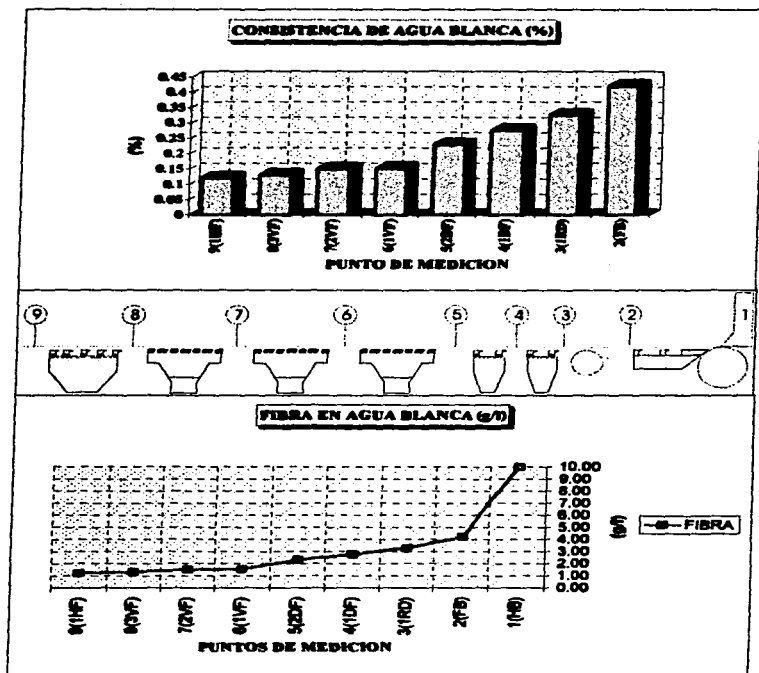
**TABLA 2 - Velocidad del Anillo de Suspensión**

| Punto de Medición (m) | Área en Suspensión (m <sup>2</sup> ) | Peso de Suspensión (g) |        | Peso de TELA (g/m <sup>2</sup> ) | Veloc. Anillo (m/s) | Conversiones (m/s) | Resistencia (kg/cm <sup>2</sup> ) |
|-----------------------|--------------------------------------|------------------------|--------|----------------------------------|---------------------|--------------------|-----------------------------------|
|                       |                                      | (1)                    | (2)    |                                  |                     |                    |                                   |
| 1000                  | 18.87                                | 622                    | 186.98 | 188.70                           |                     | 1.00               | 180                               |
| 8000                  | 18.70                                | 4688                   | 87.42  | 136.80                           | 67.19               | 1.28               | 78                                |
| 6000                  | 8.80                                 | 3876                   | 88.48  | 130.78                           | 78.07               | 1.48               | 67                                |
| 4000                  | 8.12                                 | 3381                   | 81.17  | 128.82                           | 82.82               | 1.88               | 63                                |
| 2000                  | 7.90                                 | 3288                   | 48.78  | 128.41                           | 85.88               | 1.83               | 62                                |
| 1000                  | 4.80                                 | 1888                   | 29.88  | 123.53                           | 84.23               | 2.03               | 38                                |
| 5000                  | 3.84                                 | 1830                   | 22.84  | 121.88                           | 88.82               | 3.38               | 30                                |
| 4000                  | 3.14                                 | 1311                   | 18.78  | 121.31                           | 88.83               | 3.88               | 28                                |
| 3000                  | 2.74                                 | 1144                   | 17.27  | 120.83                           | 87.28               | 4.41               | 23                                |

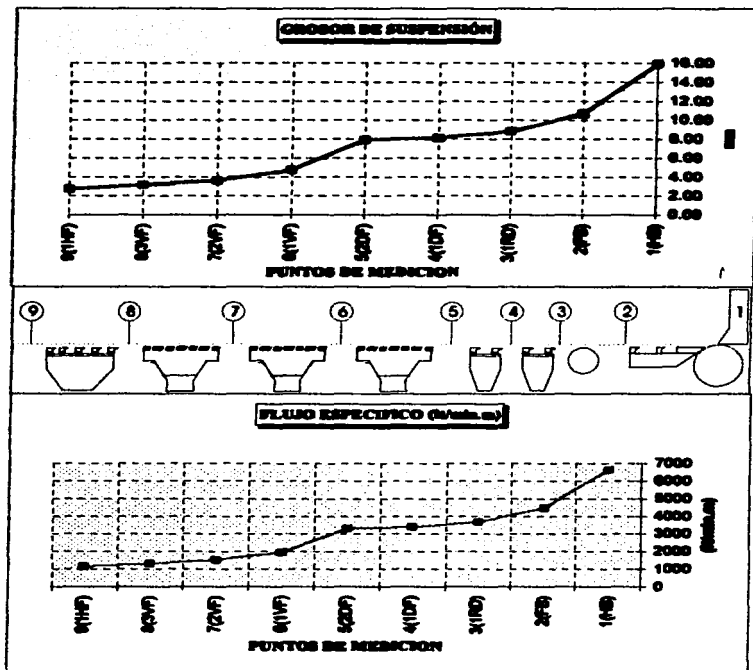
**RESUMEN DE RESULTADOS**

|                                    |                           |        |                                |
|------------------------------------|---------------------------|--------|--------------------------------|
| ÁREA ESPERADA EN EL PUNCIÓN BOARD: | 2188.0 Lbs/Anillo         | 38.38% | <b>TOTALES</b>                 |
| ÁREA ESPERADA POR LOS FOILS:       | 1388.5 Lbs/Anillo         | 34.37% |                                |
| ÁREA ESPERADA POR LOS VORTEXFOILS: | 1987.8 Lbs/Anillo         | 38.38% | <b>32.78%</b>                  |
| ÁREA ESPERADA EN EL F.B.:          | 21.71 (g/m <sup>2</sup> ) | 37.38% |                                |
| ÁREA ESPERADA POR LOS FOILS:       | 0.88 (g/m <sup>2</sup> )  | 28.01% | <b>37.38 (g/m<sup>2</sup>)</b> |
| ÁREA ESPERADA EN VORTEXFOILS:      | 7.10 (g/m <sup>2</sup> )  | 18.38% | <b>38.38%</b>                  |

**TABLA 3 - RESULTADO DEL ANÁLISIS DE SUSPENSIÓN**



GRÁFICA 6.4 CONSISTENCIA DE AGUA BLANCA Y FIBRA EN AGUA BLANCA



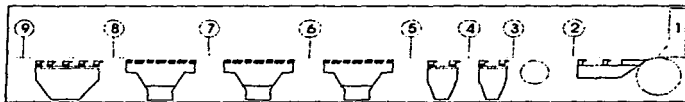
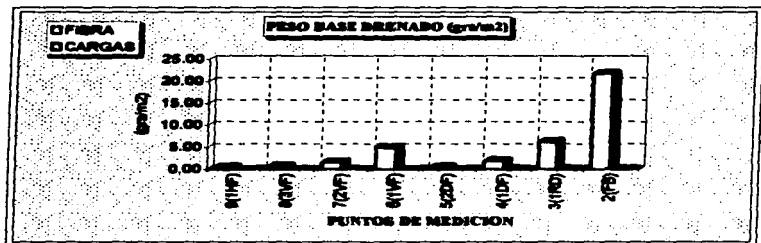
**GRÁFICA 6.6 GROSOR DE SUSPENSIÓN Y FLUJO ESPECÍFICO**

## PESO BASE DRENADO

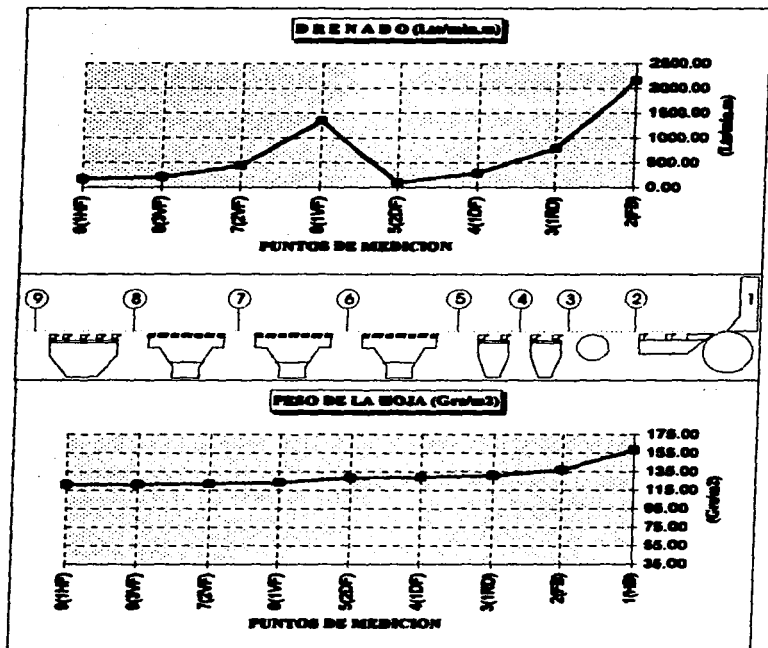
| FIBRA (gr/m <sup>2</sup> ) |              |
|----------------------------|--------------|
| 1(FIB)                     | 21.71        |
| 2(FIB)                     | 6.19         |
| 3(CARG)                    | 1.00         |
| 4(CARG)                    | 6.61         |
| 5(CARG)                    | 4.00         |
| 6(FIB)                     | 1.00         |
| 7(FIB)                     | 6.65         |
| 8(FIB)                     | 6.48         |
| <b>TOTALES</b>             | <b>37.88</b> |

**TOTAL DE SOLIDOS PERDIDOS**

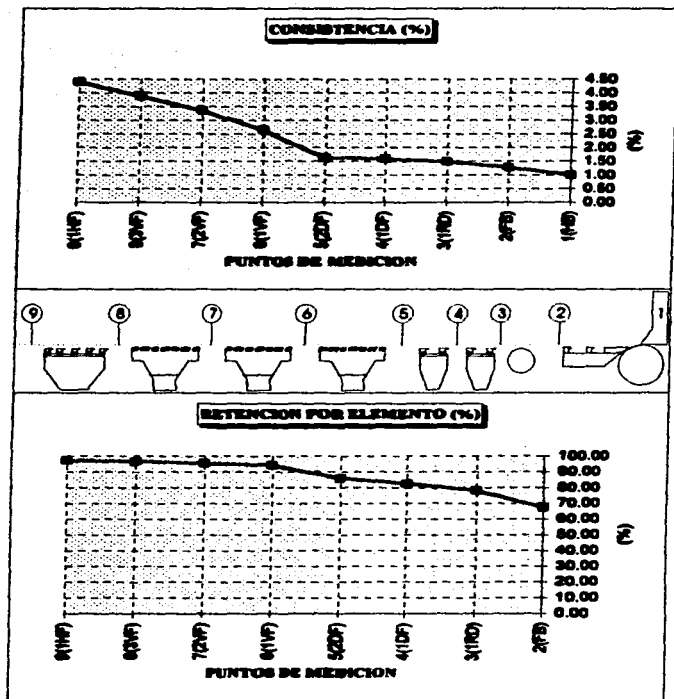
**37.88 GRS/M<sup>2</sup>**



**TABLA 6.5 PESO BASE DRENADO**



GRÁFICA 6.6 PESO DE LA BOJA Y DRENADO EN LA MESA DE FORMACIÓN



GRÁFICA 6.7 CONSISTENCIA DE LA HOJA Y RETENCIÓN POR ELEMENTO

## **CONCLUSIONES**



## **CONCLUSIONES**

La formación del papel en una máquina comercial típica, se logra primordialmente a través de un proceso de drenado que continuamente transforma una suspensión diluida de fibras de papel en una estructura cohesiva en forma de red. El acomodamiento de las fibras para formar la red, ocurre sobre una pantalla de drenado o tela de formación a través de la cual se drena el agua. La interrelación existente entre la formación de la red y la tela formadora (pantalla de drenado) en este proceso, requiere del uso de telas diseñadas con las características adecuadas para proporcionar una buena calidad de papel a velocidades de producción variables.

A principios de los años 70, la industria del papel se vió obligada a cambiar la tela tradicional de bronce a telas de formación plásticas en la mayoría de las máquinas de papel. A pesar de que muchas de las máquinas pequeñas, trabajando a velocidades bajas funcionan sin problemas con telas sintéticas, la aplicación de las mismas en máquinas operando a altas velocidades ha sido en ciertos casos problemática, presentando alguno(s) de los siguientes casos:

- Derrame de agua, con problemas de retención.
- Formación pobre de la hoja (Mala formación).
- Marcación de tela.
- Obturación de la tela.
- Drenado deficiente.
- Alguna combinación de lo anterior.

Estos problemas, relacionados con el contacto fibra-tela, muy a menudo resultan en pérdida de calidad del papel y/o producto terminado y por consiguiente en el rendimiento de la máquina. Hoy en día, existe un amplio número de diseño de telas - estiles de tejido, número de hilos por centímetro transversales y/o longitudinales, diámetros de hilo, etc. - disponibles en el mercado.

El cambio de los diseños existentes de telas y la utilización de nuevos diseños en una máquina de papel es justificado cuando distintas características operacionales de la misma pueden ser mejoradas; tales como:

- Duración de la tela en máquinas.
- Menor marcación de la tela.
- Mejor drenado y retención de la tela.

Sin embargo, la instalación de telas prueba en máquinas de papel la mayoría de las veces son acompañadas por severos problemas operacionales, muy relacionados con la interfase fibra-tela, comunmente atribuidos a incrustación de fibras en el tejido de la tela. Debido a que este tipo de problemas no son raros, especialmente cuando se realiza un cambio de diseño de tela para realizar una 'prueba', por lo que es necesario comprender el comportamiento existente en la interfase fibra-tela a fin de evitar el uso de telas diseñadas con características indeseables.

Conjuntamente con el proceso de fabricación del papel se deben considerar los principales factores que afectan la fabricación de una tela de formación:

- Disponibilidad de telar para fabricar un diseño en específico.
- Velocidad de ensariado de los horquilleros.
- El diseño del tejido. La estructura del tejido y el número de capas del tejido influyen en la velocidad del telar.
- El No. de hilos de urdimbre por  $cm^2$ .
- El No. de hilos de trama por  $cm^2$ .
- El diámetro de los hilos longitudinales y transversales de la tela de formación.
- Permeabilidad de la tela de formación.
- Tipo de costura de la tela de formación.

Existen otros factores que no tienen una influencia determinante para la fabricación de una tela de formación, los cuales son los siguientes:

- El ancho de la tela a fabricarse.
- El largo de la tela a fabricarse.
- El peso de la tela.
- Color de los hilos utilizados.

Por otra parte, el costo de las telas de formación está directamente relacionado con los siguientes factores:

- Número de capas del tejido. Conforme se incrementa el número de capas de un tejido mayor es el costo.
- Tipo de diseño del tejido.
- Tipo de hilos utilizados en la fabricación de la tela de formación. (poliéster, poliamida).
- El ancho del tejido. Conforme disminuye el ancho de una tela de formación mayor es su costo.

Considerando el tiempo y costos relacionados con la fabricación de una tela de formación y los costos relacionados con la fabricación del papel, se deduce la importancia de utilizar telas de formación que no presenten problemas durante su operación en la máquina de papel.

El presente trabajo resume algunas técnicas mediante las cuales se pueden evaluar, elegir ó modificar las telas de formación de una máquina de papel; el cual se basa en un modelo desarrollado para simular la interacción entre el material fibroso y la tela, con el propósito de clasificar las telas de acuerdo a su capacidad para soportar fibras en el lado papel de las mismas. Estos resultados experimentales se aplican a la mayoría de las máquinas de papel utilizadas en el mercado. El método ha sido satisfactoriamente aplicado en máquinas operando a altas velocidades donde el uso incorrecto de las telas formadoras es costoso.

## **BIBLIOGRAFÍA**

## BIBLIOGRAFÍA

- 1 Hill, A.C. et al. *Pulp and Paper Manufacture: Papermaking and Paperboard Making*. 2a ed., U.S.A., Pulp and Paper Industry, 1970, (v3) 653 pp.
- 2 Ibrahim, Ahmed A. Formation and basis weight uniformity through headbox control. *Tappi Journal*. Volumen 64, núm 11 ( U.S.A.: abril, 1981), pp. 83 - 87.
- 3 Hansen, V. E. *Water Management for the single wire machine*. Tappi Seminar Notes. (U.S.A.: Mayo, 1982), pp. 109 - 134.
- 4 Almirall, Joaquín. *Diagnóstico previo a la reforma de una máquina de fabricación de papel*. Industria papelera. (España: Junio, 1987), pp. 66 - 68.
- 5 Casey, James P. *Pulpa y Papel: Química y Tecnología Química*. 1a ed., México, Limusa, 1991, (v4) 735 pp.
- 6 Bregulla, Karl H. Operation and optimization of vacuum augmented foil units - part II - an update. Tappi Seminar Notes. (U.S.A.: Mayo, 1982), pp. 135 - 143.
- 7 Porter, Mary K et al. *Paper machine felts and fabrics*. 2a de, U.S.A., Albany International, 1980, 188 pp.
- 8 Baran, Robert L. The evaluation and selection of forming fabrics: teory and aplications. *Tappi Journal*. Volumen 62, núm 4 (U.S.A.: abril, 1979), pp. 39 - 44.
- 9 Tappi 1993 - 1994 Technical Information Sheets. U.S.A., Tappi press, 1994.
- 10 Luigi, P. *Curso: Fabricacao de papel - Formacao da Folha*. ABTCP. (Brasil: julio, 1989), 114 pp.
- 11 Freitas, Julio C. et al. *Curso de especializacao em celulose e papel*. ABTCP. (Brasil: febrero, 1989), 180 pp.
- 12 Bressani, Marcos Emidio y Zimmermann, Jorge Luiz. *Curso - Secagem do Papel*. ABTCP. (Brasil: marzo, 1989)

**ANEXOS**

## ESTRUCTURA DE LOS TEJIDOS FABRICADOS EN MÉXICO

### DOBLE CAPA


| Estilo    | No. de Cambios | Estructura de Tejido |
|-----------|----------------|----------------------|
| DL - 0857 | 8              |                      |


| Estilo    | No. de Cambios | Estructura de Tejido |
|-----------|----------------|----------------------|
| DL - 0873 | 8              |                      |


| Estilo    | No. de Cambios | Estructura de Tejido |
|-----------|----------------|----------------------|
| XT - 1002 | 10             |                      |

## ESTRUCTURA DE LOS TEJIDOS FABRICADOS EN MÉXICO

### ULTRALAYER


| Estilo    | No. de Cambios | Estructura de Tejido                                                              |
|-----------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| UL - 0778 | 7              |  |


| Estilo    | No. de Cambios | Estructura de Tejido                                                              |
|-----------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| UL - 0878 | 8              |  |

| Estilo    | No. de Cambios | Estructura de Tejido                                                              |
|-----------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| UL - 0888 | 8              |  |

## ESTRUCTURA DE LOS TEJIDOS FABRICADOS EN MÉXICO

### ULTRALAYER

| Estilo    | No. de Cambios | Estructura de Tejido                                                              |
|-----------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| UL - 0876 | 8              |  |

| Estilo    | No. de Cambios | Estructura de Tejido                                                              |
|-----------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------|
| XT - 1003 | 10             |  |



## ANEXO 2

### FACTORES A Y B DE LOS DIFERENTES ESTILOS DE TELAS DE FORMACIÓN UTILIZADAS EN EL MERCADO MEXICANO

| DISEÑO | A    | B    |
|--------|------|------|
| 0201   | 1.00 | 1.00 |
| 0301K  | 1.00 | 0.67 |
| 0301S  | 0.67 | 1.00 |
| 0401K  | 1.00 | 0.50 |
| 0401S  | 0.50 | 1.00 |
| 0402K  | 1.00 | 0.50 |
| 0402S  | 0.50 | 1.00 |
| 0403   | 0.75 | 0.75 |
| 0502K  | 1.00 | 0.40 |
| 0502S  | 0.40 | 1.00 |
| 0505K  | 0.80 | 0.80 |
| 0505S  | 0.60 | 0.80 |
| 0506   | 0.40 | 1.00 |
| 1002   | 0.40 | 1.00 |
| 0731   | 0.29 | 0.86 |
| 0751   | 0.57 | 0.57 |
| 0753   | 0.29 | 1.00 |
| 0756   | 0.43 | 0.57 |
| 0771   | 0.43 | 0.64 |
| 0772   | 0.29 | 0.86 |

| DISEÑO | A    | B    |
|--------|------|------|
| 0773   | 0.29 | 1.00 |
| 0775   | 0.29 | 1.00 |
| 0777   | 0.43 | 0.71 |
| 0778   | 0.29 | 0.86 |
| 0781   | 0.43 | 0.64 |
| 0783   | 0.29 | 0.86 |
| 0831   | 0.25 | 0.81 |
| 0857   | 0.38 | 0.63 |
| 0871   | 0.25 | 0.81 |
| 0873   | 0.25 | 1.00 |
| 0876   | 0.25 | 1.00 |
| 0878   | 0.25 | 0.81 |
| 0881   | 0.38 | 0.69 |
| 0888   | 0.25 | 0.81 |
| 1471   | 0.43 | 0.64 |
| 1477   | 0.43 | 0.71 |
| 1478   | 0.29 | 0.86 |