



**CALCULO TEORICO PRACTICO DEL NUMERO
DE RODILLOS EN UNA MESA FOURDRINIER
DE UNA MAQUINA DE PAPEL.**

TESIS PROFESIONAL

TOMAS GARCIA CANDAS

MEXICO, D. F.

1966

00215



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

UNIVERSIDAD IBEROAMERICANA
Incorporada a la U.N.A.M.
Facultad de Química

**CALCULO TEORICO PRACTICO DEL NUMERO
DE RODILLOS EN UNA MESA FOURDRINIER
DE UNA MAQUINA DE PAPEL.**

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO QUIMICO
PRESENTA:
TOMAS GARCIA CANDAS

MEXICO, D. F.

1968

**CALCULO TEORICO PRACTICO DEL NUMERO
DE RODILLOS EN UNA MESA FOURDRINIER
DE UNA MAQUINA DE PAPEL.**

TOMAS GARCIA CANDAS

00215

I N D I C E

I.- INTRODUCCION.....	1
II.- GENERALID. ES DEL FOURDRINIER	
A) Historia y desarrollo.....	2
B) Fourdrinier moderno.....	5
C) Distribuidores y cajas de alimentación.....	7
D) Mesa de fabricación.....	12
E) Cajas de succión.....	14
F) Rodillos de succión.....	16
III.- FORMACION DE LA HOJA EN UN FOURDRINIER.....	17
IV.- CALCULO DE LA MESA DE FABRICACION.	
A) Teoría.....	23
B) Obtención de datos.....	28
C) Resolución del problema y resultado.....	36
V.- CONCLUSIONES.....	40
VI.- BIBLIOGRAFIA.	

INTRODUCCION

El consumo de papel en México por habitante y por año es de 15.3 kg. y aunque comparado con otros países es un poco bajo, la industria papelera es una de las más importantes en nuestro país. En 1963 (según datos publicados en Pulp and Paper International), existían: 41 fábricas de papel y cartoncillos, 9 de celulosa y madera y 9 de celulosa de varias materias primas.

La competencia obliga a mejorar la calidad del producto y para esto se necesita contar con un equipo y maquinaria en condiciones adecuadas de trabajo, lo cual da lugar al siguiente estudio.

El fourdrinier es una parte vital e importante para la fabricación y calidad del papel, puesto que en él se forma la hoja. En el fourdrinier existen ciertos rodillos que por el desgaste se tenían que ir desechando y entonces se iba a tener que construir todos. Pero no se sabía qué cantidad de rodillos se necesitarían correctamente ni qué diámetro sería el más conveniente. De todas estas dudas salió la idea de la tesis que vendría a ahondar en esos problemas.

En los primeros temas de la tesis, se trata sobre el equipo de esta parte de la máquina para comprender más claramente el capítulo de formación de la hoja y posteriormente entrar en un problema de cálculo sobre la cantidad de rodillos necesaria, al hacer papel bond de 73 g/m² que es el que domina en la producción de la máquina.

No cabe duda que todos los conocimientos técnicos sobre el fourdrinier tienen su mayor aprovechamiento en las máquinas de alta velocidad, como las de papel periódico, pero eso no es obstáculo para aprovechar dichos conocimientos en máquinas poco o medianamente veloces.

GENERALIDADES DEL FOURDRINIER

A) Historia y desarrollo.

Existen básicamente dos sistemas para la fabricación del papel: fourdrinier y formadores.

El primero fue inventado en Francia en el año de 1799 por Luis Robert. La máquina diseñada por Robert consiste (Ver figura 1) de un paño o tela de alambre sin fin A, que gira entre los rodillos B y C, el rodillo B es fijo en tanto que el rodillo C es ajustable para tensar la tela. La celulosa batida se encuentra en el depósito D, de donde se alimenta a la tela con las espas E que se encuentran cubiertas por una mampara F. La tela gira muy despacio filtrando la pasta, cuyo desagüe se complementa por unos rodillos de presión (especie de prensas) G. La tira de papel húmeda se enrolla en H, de donde cada 50 pies se quita para pasarse a prensas y después secarse. Robert vendió sus derechos y la máquina a Leger Didot el cual realizó algunos perfeccionamientos animado por su cuñado John Gamble. En el verano de 1800 pasó a Inglaterra donde conoce a Bryan Donkin, un excelente mecánico que ayudó a perfeccionar los detalles de la máquina.

El 2 de abril de 1801 apareció en Inglaterra a nombre de John Gamble la primera patente de una máquina de hacer papel.

En 1804 los hermanos Henry y Sealy Fourdrinier se interesan en las mejoras hechas por Didot y Gamble a la máquina de Robert. Henry el 24 de julio de 1804 obtiene la patente 2951 bajo el nombre "El Método de Hacer a Máquina, Papel de Longitud Indefinida, Puesto y Formado con Moldes Separados"(2). En agosto 14 de 1807 un Acta del Parlamento Británico da una extensión a los derechos obtenidos por los Fourdrinier para la máquina de hacer papel. En este documento aparece la máquina de John Gamble especificada en las patentes 2487 y 2708 junto con sus mejoras y una descripción completa con diagramas ilustrados.

Durante el año 1808 John Gamble asigna a los hermanos Fourdrinier,

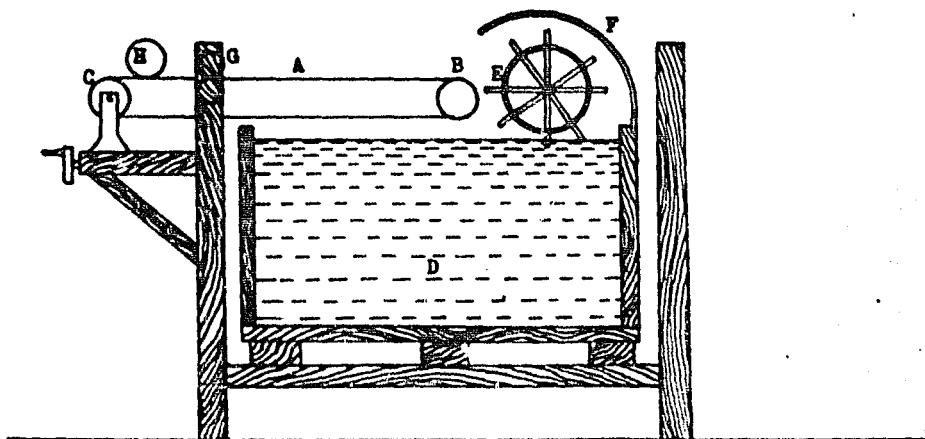


Fig. 1. Máquina de Robert.

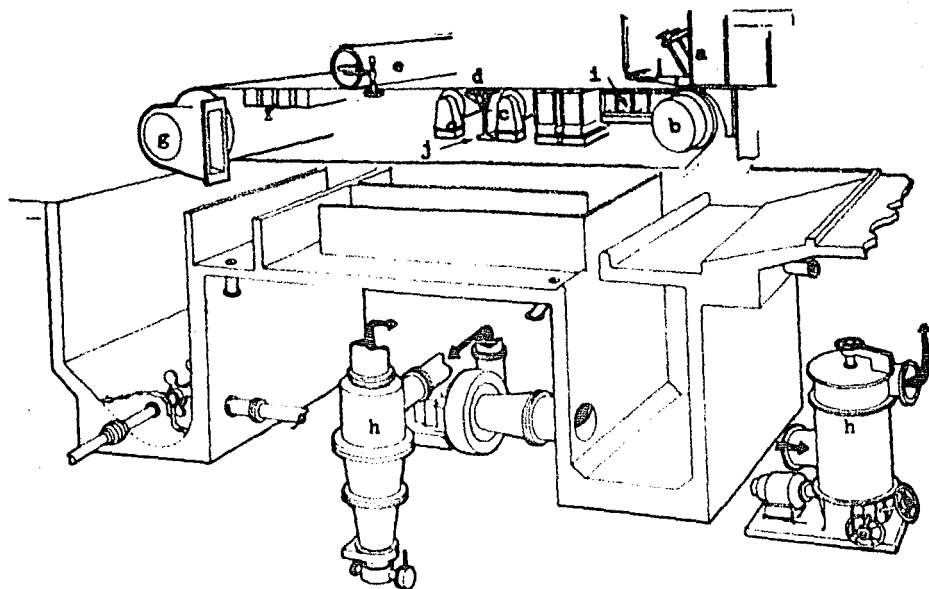


Fig. 2. Fourdrinier moderno. a, caja de alimentación; b, rodillo de pecho; c, rodillos de la mesa de fabricación; d, tela de alambre; e, dandy-roll; f, cajas de succión; g, rodillo de succión; h, depuradores; i, formadores; j, samparas.

todos sus derechos de las patentes mencionadas en un Acta del Parlamento Británico, esto los hace los únicos propietarios de todas las patentes de la primera máquina para hacer papel. En esta forma la máquina inventada por Robert, promovida por Didot y Gamble, diseñada por Donkin y financiada por los Fourdrinier, viene a ser la conocida hoy en día como máquina fourdrinier.

La introducción en América del fourdrinier fue posterior. La primera máquina fourdrinier que aparece en los Estados Unidos se cree importada de Inglaterra en 1827 por H. Barclay, de Saugerties, New York y posteriormente entran otras dos o tres semejantes.

En realidad entre los años 1803 a 1812 no existe un avance notable y solo se construyen 10 máquinas, y 12 en la siguiente década. No es sino hasta en años posteriores, con mayores adelantos mecánicos cuando se hace práctica la fabricación de papel por este sistema.

El soporte de la tela metálica por medio de rodillos y el uso de estos rodillos para acelerar la eliminación del agua no parece merecer, ni aún hoy en día, la atención debida.

En 1826, Canson, inglés, aplica las bombas y cajas de succión al final de la tela para complementar la separación del agua y del papel ya formado.

En los años 1889 y 1890 la máquina esencialmente de Fourdrinier y Donkin, se perfecciona con la adición de poleas cónicas para controlar la velocidad y agregar la sección de secado en cilindros calentados con vapor. Estos se emplearon en 1823 en Inglaterra por Crompton. El rodillo conocido en la industria papelera como "dandy" fue inventado por John Marshall, en 1826.

El segundo sistema fue desarrollado en 1809 por J. Dickinson y es lo que en nuestros días se conoce como máquina de formadores. Este sistema fue también, como el anterior, modificado y perfeccionado hasta llegar a lo

que hoy en día tenemos. Por la naturaleza unitaria de cada cilindro o formador en sistemas modernos se han diseñado para cartones de múltiples capas.

B) Faurdrinier moderno.

En la figura 2 podemos ver un faurdrinier completo, o mejor dicho, toda la parte húmeda de una máquina de papel.

Las fibras de celulosa refinada, junto con la carga, blanqueador óptico, alumbre y cola; se almacenan en tanques con agitación llamados tanques de máquina. La consistencia de la pasta en estos tanques suele ser de 2.5 al 4%. Los sistemas varían de una máquina a otra, pero en general se sigue un orden. Por medio de una bomba de presión la pasta se lleva a unos depuradores centrífugos y a reguladores de consistencia para mantenerla uniforme. También pasa por unos refinadores para ajustar la longitud de la fibra y en esta forma controlar las propiedades de drenaje y formación de la hoja. De los refinadores (Jordan) pasa por una bomba donde se diluye hasta 0.1 ó 1% con agua blanca de recirculación. La pasta diluida se puede depurar nuevamente en depuradores tipo Vortex o Dirtex, seguido por depuradores de platinas abiertas o cerradas. La pasta diluida y limpia fluye por un sistema de distribución a la caja de alimentación y de allí a la tela metálica sin fin, a través de una ranura regulable llamada tobera de la regla (en inglés se le conoce como "slice").

La tela metálica del faurdrinier se mueve por medio de dos rodillos principales que son: el que está junto a la caja de alimentación, rodillo de pecho y el de junto a las prensas, que en las máquinas modernas está perforado con succión, es el rodillo de succión. También esta tela se encuentra soportada por un conjunto de rodillos, formadores, deflectores; y después por las mismas tapas de las cajas de succión. Después de pasar las cajas de succión y el rodillo de succión, la hoja tiene suficiente consistencia para que sin soporte pase por el aire al fieltro que la conduce a las pren-

sas. La tela que es sin fin, regresa por unos rodillos que la sostienen y le sirven de tensores, a la vez en esta parte, unas roscaderas a presión limpian la tela en que de nuevo se depositará pasta en el rodillo de pecho.

En máquinas muy antiguas el agua que drenaba de la mesa caía a la tela que iba de regreso por abajo. En máquinas posteriores se intercalaron unas charolas que recolectan esta agua blanca y la sacan hacia fuera de la máquina. Esta agua blanca no se desperdicia pues ya que se recircula usándose para diluir la pasta en el control de consistencia y principalmente antes de la bomba que alimenta los depuradores.

El agua removida por las cajas de succión se separa del aire y se descarga atrás de la máquina en unas columnas hidrostáticas colocadas en el sótano de la máquina. El agua de las cajas de succión se bombea a unos tanques debajo de la mesa de fabricación, a reunirse con la del drenado y son usadas ambas para diluir la pasta en el tanque que se encuentra debajo del rodillo de succión. El exceso se envía a diluir otras pastas o a sistemas de recolección de sólidos. Puesto que la pasta llega a la máquina con un 0.5 - 0.8% de consistencia y la hoja deja el rodillo de succión con solo un 20% de sólidos, la cantidad de agua que se queda es notoria y además se encuentra aumentada en parte por los rociadores que emplean agua fresca. Toda esta agua se trata de aprovechar hasta el último para economizar al máximo el consumo de agua, que no es poco.

Es costumbre eliminar las dos orillas del papel por estar defectuosas, estas orillas se cortan con finos chorros de agua a presión que se encuentran localizados entre la última caja de succión y el rodillo de succión. Las tiras de papel continúan pegadas al rodillo de succión y se eliminan por los rociadores de la tela, cayendo en un tanque de donde se reincorporan al sistema.

En máquinas poco o medianamente rápidas, la hoja pasa sin soporte

desde el rodillo de succión al fieltro que lo conduce a la primera prensa. En las máquinas de alta velocidad, el paso está acompañado de un rodillo de succión de donde pasa al fieltro que lo conduce a la prensa.

C) Distribuidores y cajas de alimentación.

La pasta una vez que ha sido refinada, con una consistencia regulada, depurada, etc., pasa a la primera etapa del fourdrinier que consiste en distribuidores de pasta y cajas de alimentación (ver figura 2).

El diseño de los distribuidores de pasta y cajas de alimentación ha variado considerablemente a través de los años, y aún hoy en día, se hacen tipos especiales de cajas de alimentación. No existe un tipo específico ya que el diseño va de acuerdo con la velocidad de la máquina y el tipo especial de papel que produce.

Haciendo un resumen de las funciones que efectúan distribuidores y cajas podríamos agruparlos en cinco puntos que son:

- 1) Procurar una mezcla uniforme de pasta y agua.
- 2) Obtener una distribución uniforme del flujo hacia la máquina en movimiento.
- 3) Crear un flujo directo en la tobera de la regla, evitando corrientes transversales que pueden crear unas condiciones no uniformes al flujo general de la máquina.
- 4) Mantener uniforme la dispersión de las fibras, o sea, que no floculen o se agrupen formando grumos. Para ello se recurre a un movimiento adecuada, producido al pasar un flujo alrededor de superficies curvas.

Los flujos algo turbulentos son un método eficaz para la dispersión de las fibras. También la fuerza centrífuga que se origina al pasar el flujo por una superficie curva sirve para hacer una depuración de la pasta.

- 5) Mantener limpio el sistema durante la operación; ya que la pasta es un medio propio para crear bacterias que luego manchan el papel. Lo anterior se evita procurando tener superficies limpias y haciendo un diseño de estruc-

tura especial con recovecos accesibles a la limpieza.

Los distribuidores modernos son muy sencillos en diseño y se dividen en cinco categorías:

DISTRIBUIDORES DE SECCION VARIABLE. Es sencillamente una transformación de tubos redondos a rectangulares, como lo muestra la figura 3. En realidad no hacen una mezcla uniforme y el tipo que se ve en la figura 3 tiene problemas para efectuar su limpieza.

MANIFOLD SIMPLE. Es un sistema muy empleado en máquinas recientes. En la figura 4 se puede ver el tipo más común.

DISTRIBUIDOR DE FLUJO CONTRACRUZADO. Divide el flujo en dos ramas, una adelante y otra atrás, pero la corriente de ambas es encontrada (ver figura 5).

DISTRIBUIDORES DE ENTRADAS EN FORMA DE USO. Consiste propiamente en dividir el flujo total en fracciones pequeñas, dándoles velocidad para producir una buena mezcla (ver figura 6).

Tipos de cajas de alimentación.

Podemos llamar propiamente caja de alimentación a lo comprendido entre el distribuidor y la abertura que deposita la pasta en la tela llamada regla. El objeto de las cajas de alimentación es coger la pasta del distribuidor y convertirla en un flujo uniforme y lento que alimente a la regla.

En general también varían mucho con el diseño apropiado de la máquina, pero pueden dividirse en tres categorías básicas.

CAJA ABIERTA. Empleadas en máquinas antiguas y de poca velocidad. Esencialmente constan de cajas o cajones con mamparas, rodillos perforados y unas compuertas para controlar el flujo en la regla. El nivel varía con la velocidad de la máquina y es más alto que la tela con objeto de producir una velocidad en la salida de la pasta hacia la tela, igual a la velocidad de la tela (cual siempre es más veloz la tela).

La relación entre la altura del nivel y la velocidad, se encuentra

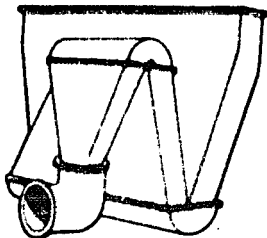


Fig. 3. Distribuidor sencillo

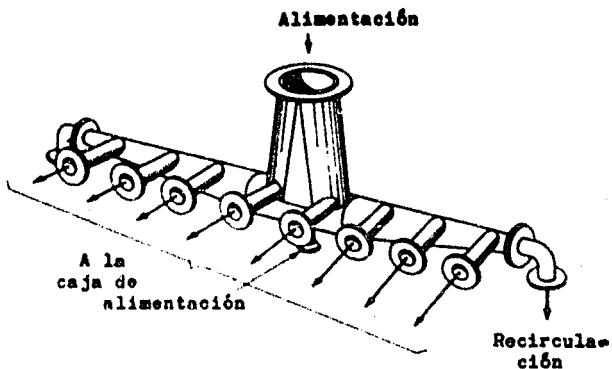


Fig. 4. Distribuidor de manifold simple.

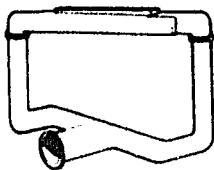


Fig. 5. Distribuidor de flujo contracorriente

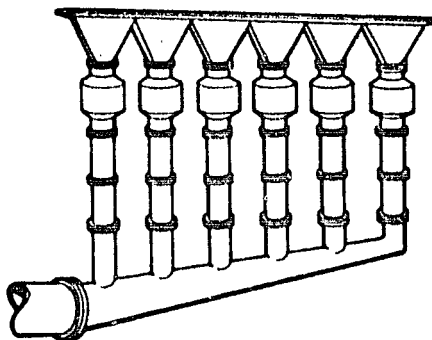


Fig. 6. Distribuidor en forma de uso.

dada por: $V=C_v 2gh$, donde C_v es el coeficiente de velocidad de descarga, h altura con la regla cerrada, V es velocidad media de la vena. C_v es aproximadamente 1 y a veces baja a 0.98 por fricciones de mamparas, etc. Estos datos se suelen pasar a gráficas, para mayor comodidad, de altura en cm. contra velocidad en m/seg. (ver figura 7).

CAJA CERRADA CON COLCHON DE AIRE. Con estas cajas no es necesaria gran altura de la pasta en máquinas veloces, sino que, se le inyecta aire para mantener la velocidad de salida deseada. La presión se controla automáticamente con objeto de dar la altura que sería necesaria para determinada velocidad. El nivel permanece constante y esto hace más uniforme la actuación de mamparas y rodillos perforados para mejorar el flujo. La abertura de la regla se maneja igual que en las cajas abiertas, de ahí que este sistema sea tan versátil y pueda aún en casos de poca velocidad servir de caja abierta con solo permitir la entrada de la presión atmosférica (ver figura 8).

CAJA DE ALIMENTACION DE BOQUILLA. Consiste de unas boquillas que alimentan la pasta procedente de una bomba que regula el flujo y la velocidad. Estas cajas tienen dificultades en el diseño y operación, haciendo complicado y poco usado este sistema.

La regla o "slice" es la ranura de la que sale la pasta para depositarse en la tela y sus funciones son:

- 1) Servir como orificio de control de flujo, aunque no controla el flujo total de la máquina.
- 2) Controla la velocidad de la pasta.
- 3) Controla, en máquinas modernas, la dirección de la salida de la pasta.
- 4) Ayuda también a controlar la uniformidad del flujo.
- 5) Su diseño y geometría tienen influencia en la orientación de las fibras (ver después formación del papel).

Algunos tipos de reglas:

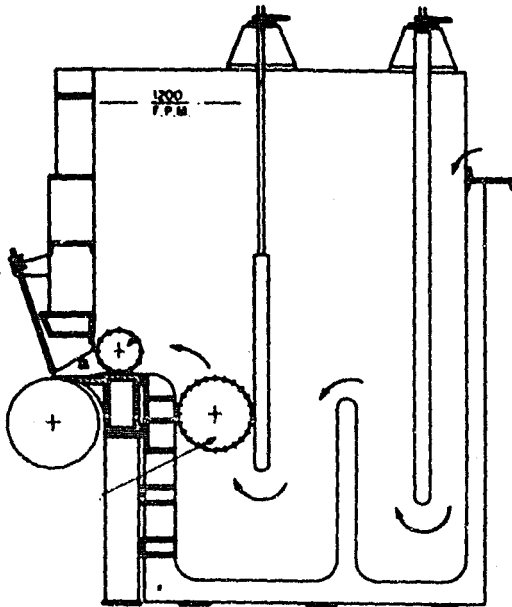


Fig. 7. Caja abierta. a, "slice".

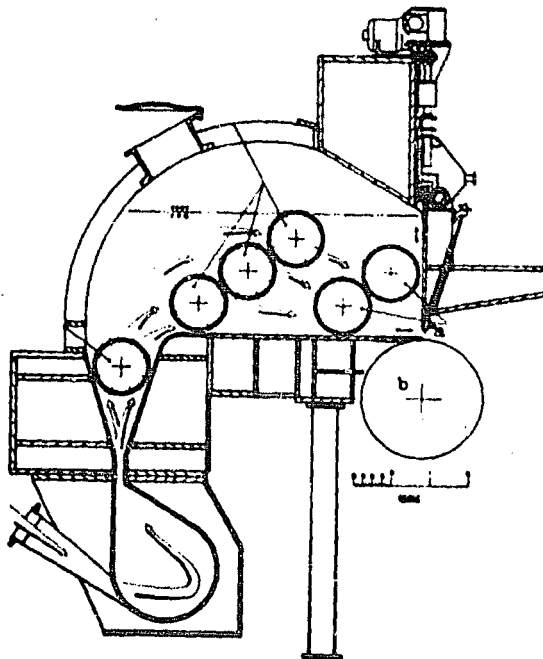


Fig. 8. Caja cerrada. a, regla; b, redillo de pecho.

REGLA NEILSON. Diseñada para papeles especiales. (ver figura 9). La compuerta A se ajusta por las tuercas B, hacia arriba o hacia abajo. El ajuste puede variar de 0.002 pulgadas para papeles delgados a 0.25 pulgadas para papeles gruesos.

REGLA VOITH. Es una modificación de la anterior en cuya compuerta existe un labio movable (ver figura 10); el cual produce una aceleración gradual. Este tipo se emplea en máquinas que corren arriba de 300 metros por minuto y para una variedad amplia de papeles.

REGLA VAN DE CARR. Empleada para máquinas de alta velocidad.

D) Mesa de fabricación.

Como puede verse en la figura 2, la mesa de fabricación está constituida esencialmente por una tela metálica sin fin en la cual se deposita la pasta diluida. Esta tela es la parte más importante del fourdrinier ya que en ella se va a filtrar el agua con una porción de pasta y formar el papel.

Cualquier defecto pequeño en la tela queda marcado en el papel y si el defecto es grande es casi imposible fabricar papel en ella. Los alambres tejidos en el sentido longitudinal suelen ser de una aleación de 7 a 8% estaño y 92-93% de cobre, los transversales son de bronce (80% cobre 20% zinc). Esta tela suele ser de 60 a 70 mallas, referido al número de hilos por pulgada que se puede fácilmente comprobar con un cuentahilos.

La tela metálica sale a la mesa de fabricación en el rodillo de pecho, donde recibe la pasta con agua y empieza el proceso de filtrado. Luego pasa por unos rodillos que le sirven de sostén y ayudan al drenado y formación del papel. Terminada la sección de rodillos la tela con el papel formado y húmedo pasa a las cajas de succión donde se les quita más agua, de ahí continúa hasta el rodillo final (que es el de succión), donde deja el papel que sigue a las prensas.

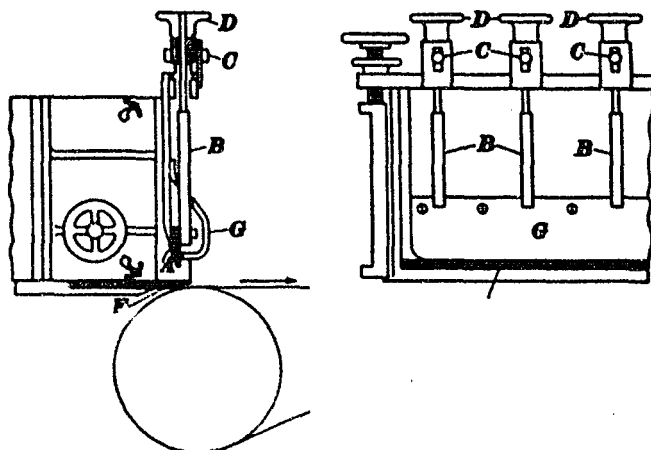


Fig. 9. Regla Neilson. A, labio flexible; B, barras de conexión; C, D, mecanismos de ajuste y medición; F, labio fijo; G, bastidor.

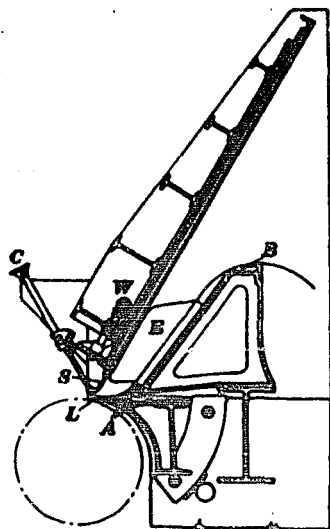


Fig. 10. Regla Veith. A, platina ajustable; B, lemo del flujo; C, labio ajustable; E, placas orientadoras de flujo; F, labio inferior; S, labio superior.

La tela en su viaje de regreso se encuentra con regaderas que la limpian a presión de adentro hacia afuera.

El rodillo de pecho y toda la sección de rodillos que se encuentran antes de las cajas de succión, están puestos en tal forma que permiten cierta vibración (de vaivén) en sentido transversal a la máquina. Este movimiento se efectúa por un motor con un mecanismo especial que se encuentra a un lado de la máquina. Esta vibración tiene por objeto mejorar el drenado y formación de la hoja.

La acción de los rodillos, de la mesa de fabricación, en un principio fue solo detener la tela, pero hoy en día se sabe que efectúan una succión (ver más adelante).

También existen unas planchas (ver figura 2) que se emplean para detener la tela en vez de rodillos. Estas planchas (en inglés "foils") lo mismo que los rodillos acanalados se emplean en máquinas de alta velocidad donde por razones de mejoramiento de formación de la hoja no se quiere que el drenado sea rápido. Estos aditamentos no se tomarán en cuenta para el cálculo de la mesa de fabricación.

E) Cajas de succión.

El 70% del agua se extrae del papel por la tela y rodillos de la mesa. Sin embargo, el papel requiere estar más seco y esto se obtiene por la diferencia de presiones entre la parte alta y baja de la hoja, en las cajas de succión, que trabajan de 100 a 250 milímetros de mercurio de vacío.

El vacío se obtiene por medio de bombas que arrastran agua y aire y luego los separan. La cantidad de agua extraída varía con la diferencia de pastas y con el vacío. No es conveniente aumentar el vacío más de lo debido porque el roce de la tela con la platina (ver figura 11) disminuye la vida de la tela. Lo anterior originó el poner succión al rodillo final y de esta forma disminuir la succión en las cajas. El número y tamaño de

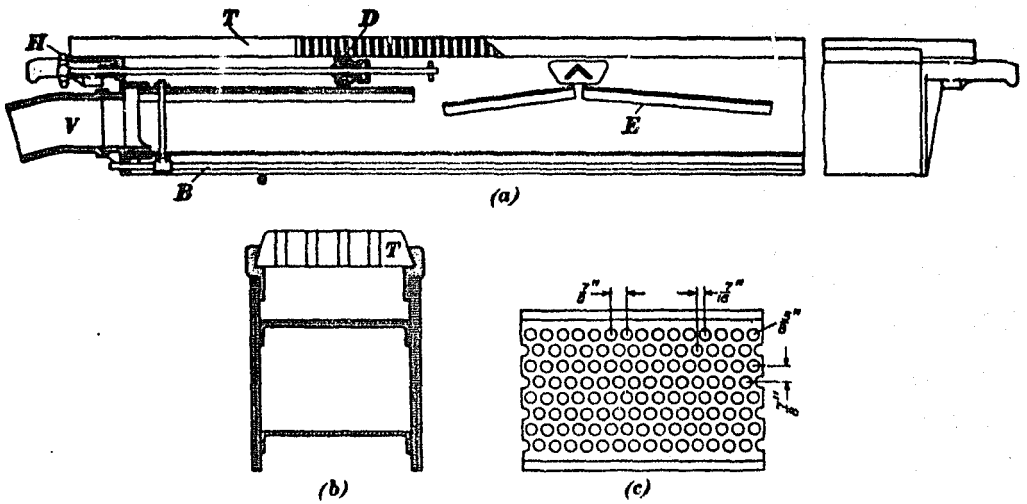


Fig. 11. Caja de succión. a, sección longitudinal; b, sección transversal; c, vista parcial; B, tubo; D, tapón movable; T, tapa de la caja; V, conexión a la bomba de vacío.

las cajas usualmente se determina por la experiencia del fabricante. La construcción es sencilla (ver figura 11), el brazo A tiene por objeto limitar la succión al ancho del papel, la platina T es de cuero tratado ó acero inoxidable y modernamente se han probado de plásticos duros con el objeto de evitar el desgaste de la tela con el frote.

F) Rodillo de succión.

El rodillo de succión esencialmente está formado por un tubo perforado que en su interior tiene una caja de succión pegada a la superficie interior del tubo y la cual no gira como el cilindro. El sistema es parecido a una caja de succión en la cual la platina se moviera junto con la tela metálica y dicha platina fuera de la forma de un tubo.

Estos rodillos tienen sistemas mecánicos para proporcionar movimiento solo al tubo y permanecer fija la caja de succión. La succión se efectúa solo en la parte del rodillo que está en ese momento como platina de la caja de succión.

En cuanto al material de construcción del rodillo y caja de succión, se han empleado materiales fáciles de trabajar y a la vez resistentes a la corrosión, generalmente se emplea bronce.

FORMACION DE LA HOJA EN UN FOURDRINIER

La formación de la hoja en la tela es de importancia capital para la calidad del papel. Es un proceso complicado y que ha ocupado la mente de muchos técnicos el llegar a conocer el principio para dominarlo y producir un papel en máquinas de altas velocidades con una formación lo más perfecta y uniforme posible.

Factores que gobiernan la formación de la hoja.

El mecanismo propiamente de filtración en el cual la pasta, uniformemente disuelta en agua, se filtra a través de la tela y cuya filtración debe ser lo más pareja y con características especiales, está controlado por varios factores entre los cuales están:

1) Drenaje.

El agua se remueve rápidamente de la pasta en varias zonas de drenaje, espaciadas a intervalos. Por los estudios que posteriormente veremos se sabe que estas zonas se encuentran en los rodillos que actúan como bombas de succión. Este concepto de succión fue primero propuesto por Hood (4) y posteriormente se ha comprobado por teorías matemáticas y trabajos experimentales de Wrist (5), Hendry, Mardon, Scruton y Wilkinson. (6).

2) Aceleración de la pasta.

Cuando en la pasta hay un flujo, la fibra queda orientada en la dirección del flujo. Moss y Bryant (7) demostraron este fenómeno ayudados con cámaras fotográficas.

3) Movimiento relativo de la pasta en la tela.

La mayoría de las fibras quedan orientadas en dirección del sentido de fabricación. Esto se debe a las diferentes velocidades de la salida de la pasta y la velocidad de la tela. Este es el factor más importante en la estructura del papel.

En la formación de la hoja en el fourdrinier podemos distinguir: la formación de la cama o capa inferior y de las capas superiores.

Formación de la cama o capa inferior del papel.

La pasta uniformemente distribuida cae a la tela y es en el rodillo de pecho junto con los primeros rodillos de la mesa, donde se forma la cama del papel orientando las fibras en dirección de los flujos que se ocasionan. En esta parte existe una rápida filtración y la orientación de la fibra está dada primero por la diferencia de velocidades entre el flujo de salida por la regla y la velocidad de la tela. La diferencia de estas velocidades varía con las máquinas y sistemas de trabajo, pero se puede decir que la velocidad de la pasta es 10% menor que la de la tela. Otro factor, aunque parezca despreciable, es la vibración transversal proporcionada a la tela. Esta velocidad no es constante sino que es armónica. La suma de estas dos velocidades nos dará la dirección en la cual se deposita la cama del papel. Para mayor claridad podemos verlo en la figura 12.

La línea A-A indica la zona de drenaje. En el tiempo $T=0$ la velocidad del movimiento transversal es 0 y las fibras se depositan paralelas a la máquina (no todas, como se representa en la figura para mayor claridad). Durante el tiempo $T=t$ la tela ha recorrido una distancia d , y en la cual ha actuado la velocidad componente de vibración y variado la dirección de las fibras depositadas. Esta variación llega al máximo del componente vibración donde decrece al mínimo y así continúa constantemente.

En la práctica no todas las fibras se orientan en la dirección de la resultante vectorial de las dos velocidades, pero si es el sentido de las fibras que tiende a dominar.

Estructura de las capas superiores del papel.

El mecanismo de formación es el mismo que el de la cama del papel, solo con unas diferencias cuantitativas que son:

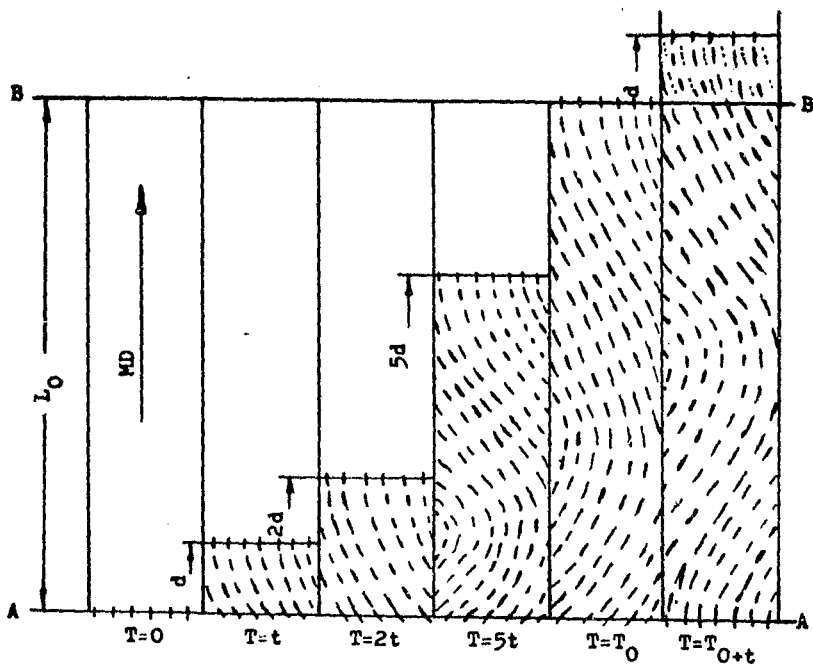


Fig. 12. Sección de la tela de alambre. MD, movimiento de la tela de alambre.

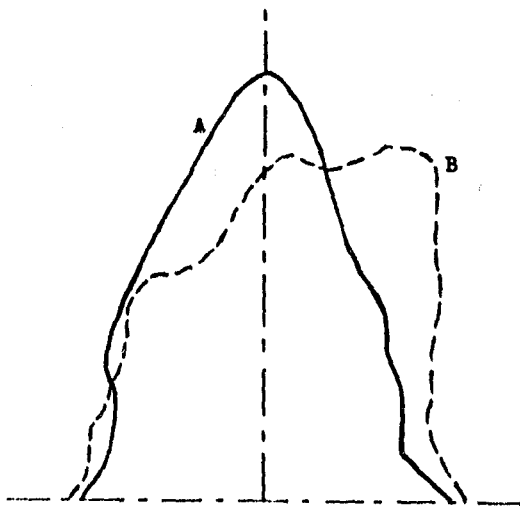


Fig. 13. Sección de la tela de alambre. A, sin vibración; B, con vibración.

- a) Cada capa de papel depositada aumenta la resistencia al filtrada, pero como en realidad el papel es sumamente delgado no debe esperarse gran diferencia de formación entre la capa superior y la inferior.
- b) A medida que el papel se acerca a las cajas de succión, el movimiento transversal va disminuyendo notablemente y la pasta superior obedece a la resultante que tira más hacia el movimiento de la tela.
- c) El grado de orientación de la fibra y grado de floculación tienen ligeros cambios en comparación con los de la cama del papel.

Respecto a la orientación de las fibras en la hoja podemos contar con las siguientes evidencias que soportan las teorías:

R. Danielsen y Sttenberg (9) comprobaron la orientación de las fibras contando y midiendo su ángulo. El número de fibras contadas varía de 2,000 a 3,200. La resultante se pasó a un dibujo (ver figura 13) y se nota la diferencia en caso de que la máquina esté trabajando con vibración transversal.

Para demostrar la formación de la fibra en la hoja se pueden emplear sistemas muy sencillos. Un sistema consiste en pegar dos cintas de pegamento Durex de aproximadamente 10cm. paralelas sobre la hoja de papel. Estas cintas deben ser pegadas paralelas a la formación del papel. Las cintas se despegan encontradamente y se pueden observar que en una de ellas no se adhiere pelusa y en cambio en la otra se pega hasta casi rasgar el papel. Otro ejemplo es colocando sobre una hoja, la que se quiere investigar, una estrella formada por tiras de papel Durex, y levantando punta por punta del pegamento se observa como si existe una marcada tendencia de orientación de las fibras en el sentido de la resultante que anteriormente se dijo.

También por un sistema similar, se demuestra la existencia de las ondas de vibración. Se han hecho pruebas y se ha visto que a medida que va aumentando la velocidad de la máquina, desaparece o se torna menos importan-

te la agitación en la tela. También hay otro factor que disminuye la claridad de las ondas y son las máquinas de poca velocidad y muchos rodillos chicos en la mesa de fabricación que influye a que se pierdan las ondas.

La influencia de factores de la máquina, en la estructura de la hoja, puede ser a causa de la vibración transversal o de la diferencia de velocidades entre pasta y tela.

La vibración en general, es benéfica para las máquinas, pero puede variar por diferentes razones y aún en máquinas de mucha velocidad el efecto se reduce y aún frecuentemente no se aplica.

El efecto de la vibración es doble. Actúa en las fibras de capas superiores manteniéndolas en movimiento hasta su depósito en el papel y coopera como componente para dar la dirección en la orientación de la fibra. La orientación que le da vibración a fibras que se encuentran en suspensión no está probado ni es bien definido.

Existen 2 variables en la vibración que son: la frecuencia y la amplitud. El aumento en la frecuencia causa un aumento proporcional en la velocidad transversal. Con un aumento en la amplitud el tiempo de acción de la velocidad transversal crece, son ondas menos marcadas pero más separadas.

En máquinas veloces la pasta se alimenta con una velocidad 10% más lenta que la tela, pero en máquinas de poca velocidad casi no hay diferencia. En este segundo caso la vibración es la que domina en la orientación de la fibra ya que solo en pocas fibras se orientan en el sentido de fabricación.

En las máquinas de alta velocidad donde existe gran diferencia de velocidades, las capas inferiores se orientan principalmente en el sentido de la máquina y cuando la pasta adquiere la velocidad en las capas superiores éste fenómeno es menos notoria, esto afecta también en cierta forma al color del papel de cada cara (10).

Características de drenaje en la tela.

El drenaje es muy rápido al principio y decrece rápidamente a lo largo de la máquina. Este drenaje es el responsable de la disminución del grueso de las capas depositadas en cada rodillo. Esto acontece también en el área donde se forma la capa superior del papel en la cual el movimiento de vibración decrece y las ondas propiamente desaparecen. En esta región la pasta toma la velocidad de la tela y cualquier grupo de pasta formado se deposita con formación de defectos en el papel. Esto es la causa de encontrar papeles en el mercado de mala calidad con dos caras.

En las máquinas de alta velocidad el agua extraída en los primeros rodillos es muy grande y produce defectos como los anteriores y para evitar esto se intercalan a los rodillos de la mesa, otros rodillos ranurados, formadores o sencillamente tablas para detener la tela.

En general podemos decir que lo que se busca en la tela es un drenaje correcto para lograr un depósito uniforme de las fibras en la tela, que estén repartidas y de esta manera formar un papel de excelentes calidades.

CALCULO DE LA MESA DE FABRICACION

A) Teoría.

La máquina de Bryan Donkin, antes mencionada, en 1808 corría a una velocidad de 37 pies por minuto y la longitud de su tela de formación tenía 25 pies de largo. Hoy en día la velocidad se ha aumentado 50 veces, en tanto que la longitud solo se ha multiplicado por un factor de 3 ó 4 (11). El hecho anterior hizo suponer que había algo que aumentando la velocidad, aumenta la rapidez de filtración llegándose a la conclusión que los rodillos puestos para detener la tela ejercían una fuerza de succión que era proporcional a la velocidad de la máquina.

La conclusión anterior fue minuciosamente estudiada por Taylor (12) y Wrist (13), los cuales mostraron que la succión desarrollada por un rodillo de la mesa de fabricación aumenta de 0 a un valor máximo proporcional a la velocidad al cuadrado de la máquina y decrece a 0 pasando el rodillo (ver figura 14). La succión se efectúa por las columnas de agua que se forman entre el rodillo y la tela.

Wrist también estudia los rodillos de diferentes diámetros y los relaciona a una constante (R). Esta constante está relacionada a tipos de pastas, diámetro de rodillos y velocidades. En general se puede decir que los rodillos de radio chico hacen una succión muy fuerte, pero el grande extrae más agua porque es más largo el periodo de succión durante el cual puede operar (14).

La resistencia total a la filtración en cualquier punto de la tela es la suma de las resistencias de la tela metálica más la resistencia de la pasta que en ese momento ya se ha depositado en aquel punto. A esta pasta depositada en determinado punto se lo llamará en adelante estera que en inglés es "mat".

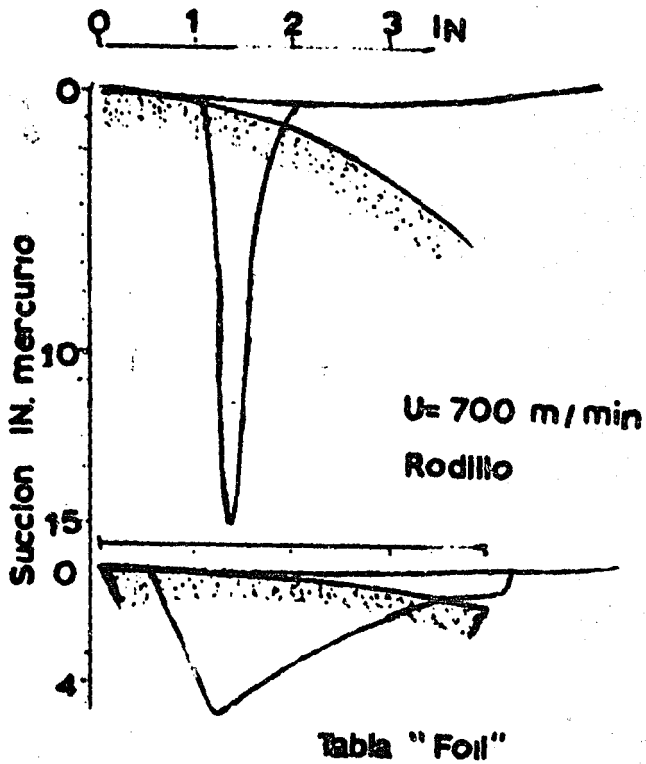


Fig. 14. Curvas de succión.

NOMENCLATURA

- a = Radio de los rodillos de la mesa, en cm.
 K = Grupo de variables de la máquina definido por la ecuación (16), g/cm^4 .
 k_1 = Constante relacionada a la resistencia de filtración por la ecuación (5), cm^2/g^2 .
 k_2 = Constante relacionada a la resistencia de filtración por la ecuación (4), cm/g .
 L = Ancho de la tela de alambre del fourdrinier, cm.
 m = Relación de masas, pasta húmeda sobre pasta seca (estera), sin dimensión.
 N = Número total de rodillos de la mesa de fabricación.
 n = Número de rodillos de la mesa de fabricación.
 ΔP = Caída de presión, dinas/cm².
 Q = Drenaje total de la mesa de fabricación (solo rodillos), cm^3/seg .
 q_n = Valor volumétrico del drenaje en el n rodillo, cm^3/seg .
 R = Promedio de la resistencia específica de filtración en la estera, cm/g .
 R_o = Promedio de la resistencia específica de filtración en la estera formada al final de los rodillos de la mesa de fabricación, cm/g .
 R_t = Resistencia total de filtración en la estera y malla, cm^{-1} .
 R_w = Promedio de la resistencia específica de filtración de la estera formada al final de los rodillos, cm/g .
 s = Consistencia de la pasta en la caja de alimentación, g/g.
 U = Velocidad de la tela de alambre, cm/seg .
 w_n = Estera en base seca a la salida del rodillo de fabricación n, g/cm^2 .
 ΔW_n = Base en peso de sólidos depositados en la estera en el n rodillo, g/cm^2 .
 $(\overline{W_n})$ = Promedio aritmético en base seca de la estera que entra y sale en un fragmento de n rodillos, g/cm^2 .
 W_f = El número total de masa de las fibras en la cama del filtrado.
 w = Consistencia del agua blanca, g/g-
 C = Masa de las fibras en el tubo de filtrado, g/cm^2 .
 A = Area del filtrado, cm^2 .
 V = Volumen filtrado, cm^3 .
 θ = Tiempo de filtración, seg.
 α = Resistencia de la tela, cm^{-1} .
 μ = Viscosidad del agua blanca, poises.
 ρ = Densidad relativa del agua blanca, g/cm^3 .

Al incremento de la resistencia total con respecto al promedio en base seca de pasta depositada (estera) se le define como resistencia específica de filtración.

$$\frac{d R_t}{d (\overline{W_n})} = R \quad (1)$$

Inghanson (15), por métodos experimentales llega a obtener una relación lineal para la resistencia total de filtración así que la ecuación (1) queda:

$$\frac{d R_t}{d (\overline{W_n})} = 2k_1 (\overline{W_n}) + k_2 \quad (2)$$

en donde k_1 y k_2 son constantes.

Integrando la ecuación (2) se llega a la ecuación (3):

$$R_t = k_1 (\overline{W_n})^2 + k_2 (\overline{W_n}) + a \quad (3)$$

en donde a es la resistencia del alambre. La ecuación es de naturaleza parabólica. El valor de a para una tela de 70x56 mallas fue determinado por pruebas experimentales y se tomará en este caso como $1.08 \times 10^5 \text{ cm.}^{-1}$ (14). El problema consiste en calcular k_1 y k_2 . Cuando las fibras en base seca depositadas (estera) es cero, la ecuación (2) queda:

$$k_2 = R_0 \quad (4)$$

R_0 es la resistencia específica de filtración de la pasta cuando se le quita la pasta fina con un clasificador Bauer Mc.Nett. Este valor corresponde al

Al incremento de la resistencia total con respecto al promedio en base seca de pasta depositada (estera) se le define como resistencia específica de filtración.

$$\frac{d R_t}{d (\overline{W_n})} = R \quad (1)$$

Ingranson (15), por métodos experimentales llega a obtener una relación lineal para la resistencia total de filtración así que la ecuación (1) queda:

$$\frac{d R_t}{d (\overline{W_n})} = 2k_1 (\overline{W_n}) + k_2 \quad (2)$$

en donde k_1 y k_2 son constantes.

Integrando la ecuación (2) se llega a la ecuación (3):

$$R_t \overline{W_n} = k_1 (\overline{W_n})^2 + k_2 (\overline{W_n}) + a \quad (3)$$

en donde a es la resistencia del alambre. La ecuación es de naturaleza parabólica. El valor de a para una tela de 70×56 mallas fue determinado por pruebas experimentales y se tomará en este caso como $1.08 \times 10^5 \text{ cm.}^{-1}$ (14). El problema consiste en calcular k_1 y k_2 . Cuando las fibras en base seca depositadas (estera) es cero, la ecuación (2) queda:

$$k_2 = R_0 \quad (4)$$

R_0 es la resistencia específica de filtración de la pasta cuando se le quita la pasta fina con un clasificador Bauer Mc.Nett. Este valor corresponde al

del rodillo de pecho cuando se considera sin fibra fina. Al final de la mesa cuando la pasta se considera totalmente formada, la pasta en base seca es W y la ecuación (2) llega a ser:

$$K_1 = \frac{R_w - R_0}{2W} \quad (5)$$

en donde R_w es la resistencia específica de filtración al final de la mesa de fabricación.

La resistencia total de filtración (R_t), en el rodillo n de la mesa de fabricación se puede relacionar a la pasta en base seca formada por medio de la combinación de la ecuación de Taylor: (12) y la ecuación obtenida del balance de materiales.

La ecuación de Taylor es experimental y es.

$$q_n = \frac{0.59 \rho^2 a U^2 L}{2 \mu^2 R_t^2} \quad (6)$$

donde ρ y μ son densidad y viscosidad del agua blanca, a es radio de los rodillos, U y L son velocidad y ancho de la tela y q_n es el drenaje volumétrico en el rodillo n.

La ecuación del balance de materiales es:

$$\Delta W_n = \left[\frac{s - wn}{1 - sm} \right] \frac{\rho q_n}{UL} \quad (7)$$

donde ΔW_n es la pasta en base seca depositada (estera) en el rodillo n, s y wn son respectivamente consistencia de pasta y agua blanca y m es la humedad contenida en la pasta sobre la tela.

Substituyendo q_n de la ecuación (6) en (7) obtenemos:

$$W_n = \frac{0.59 \rho^0 \alpha U^2}{2 \mu^2 R_t^2} \left[\frac{s - wn}{1 - ms} \right] \quad (8)$$

Los resultados obtenidos en el laboratorio, de resistencia específica de filtración, se emplean para calcular las relaciones entre la resistencia total de filtración y la pasta en base seca depositada, por el empleo de la ecuación (3). Hecho lo anterior se emplean las variables de la máquina usando la ecuación (8).

B) Obtención de datos.

VELOCIDAD DE LA TELA, U, cm/seg.

Fué tomada con un cuentarrevoluciones dando 66 r/minuto o sea 110 cm/seg.

NUMERO DE RODILLOS, n.

Estaba trabajando con 20 rodillos de los cuales 4 no giraban por estar defectuosos. La máquina cuenta además con 17 soportes de rodillos que se encuentran vacíos.

RADIO DE LOS RODILLOS, a, cm.

Los rodillos tienen 3.5 pulgadas de diámetro, luego, son 4.44 cm. de radio.

CONSISTENCIA EN LA CAJA DE ALIMENTACION, s, g/g.

Se tomó la muestra, se filtraron 100 cc. y se seco el filtrado. Haciendo la relación en gramos a lo filtrado dió, 0.008126 g/g.

CONSISTENCIA DEL AGUA BLANCA, w, g/g.

Se procedió igual que en el caso anterior dando 0.000755 g/g.

VISCOSIDAD DEL AGUA BLANCA A 90°F, μ , poises.

Se obtuvo por medio comparativo con el agua destilada a la misma temperatura. El proceso consiste en medir el tiempo en que se vacía una pipeta de 50 cc. primero con agua destilada y después con la muestra.

No se apreció ninguna diferencia y por eso se tomó la viscosidad del

agua destilada a 90°F. o sea 0.00762 poises.

DENSIDAD DEL AGUA BLANCA, ρ , g/cm³.

Se obtuvo con un picnómetro y fue de 1.022 g/cm³.

PESO EN BASE SECA AL FINAL DEL ÚLTIMO RODILLO, W , g/cm².

El papel que se estaba fabricando era de 73 g/m².

OTROS DATOS

NEDIDA DE RESISTENCIA DE FILTRACION EN EL LABORATORIO.

La teoría de la filtración se ha discutido ampliamente, pero para la resistencia específica de filtración de un material compresible, tal como fibras celulósicas, se ha definido como (11).

$$\frac{dV}{d\theta} = \frac{A \Delta P_f}{\mu (W_f/A) R} \quad (9)$$

donde $dV/d\theta$ es el flujo de pasta sometido a la prueba; A , es el área de filtrado; W_f , es el número total de masa de las fibras en la cama del filtrado. La caída de presión total a través de filtro y cama es ΔP_f . La viscosidad es μ y la resistencia específica de filtración es R .

Las partículas de masa en el filtro se relacionan al volumen filtrado, por un balance de materiales:

$$W_f = \frac{\rho s}{1 - sm} V = CV \quad (10)$$

donde ρ , es densidad del filtrado; s , es la masa de sólidos en el filtrado y m , es la relación de masa húmeda sobre pasta seca. C son las partículas de masa en la cama del filtro por la unidad del volumen filtrado.

En este problema emplearemos flujo constante para obtener los datos, por el hecho de estar más estudiado este sistema.

En este caso el flujo de filtración se mantiene constante, mientras la caída de presión a través de la tela aumenta, a medida que se va depositando más pasta. Puesto que m , contenido de humedad en la pasta, es una función de la caída de presión la ecuación (10) se transforma en:

$$W_f = \frac{dV}{d\theta} \int_0^\theta \frac{\rho s}{1 - ms} d\theta = \frac{dV}{d\theta} \int_0^\theta C d\theta \quad (11)$$

Por lo tanto de (9) y (11) obtenemos:

$$R = \frac{A^2}{\mu (dV / d\theta)^2} \frac{\Delta P_f}{\int_0^\theta C d\theta} \quad (12)$$

Para una pasta diluida C es muy cercana a la consistencia s , y se puede asumir como independiente de la presión. De lo anterior la ecuación (12) se simplifica a:

$$R = \frac{A^2}{\mu C (dV/d\theta)^2} \frac{\Delta P_f}{\theta} = B \frac{\Delta P_f}{\theta} \quad (13)$$

donde B es una constante para una filtración dada. Conociendo B y el tiempo relacionado a la caída de presión, podemos sacar la resistencia específica de filtración a flujo constante.

APARATOS NECESARIOS Y MANIPULACION

El aparato principal se encuentra esquematizado en la figura 15, este aparato consta de un tanque alimentador donde se encuentra la pasta diluida. Este requiere agitación frecuente para evitar que se asiente la pasta.

Del tanque de alimentación pasa al tubo de filtración por una válvula que regula el flujo. El tubo de filtración es un tubo con una brida en la parte inferior que es donde se encuentra, con empaque, la tela de alambre. Esta tela es de la misma que se encuentra trabajando en la máquina.

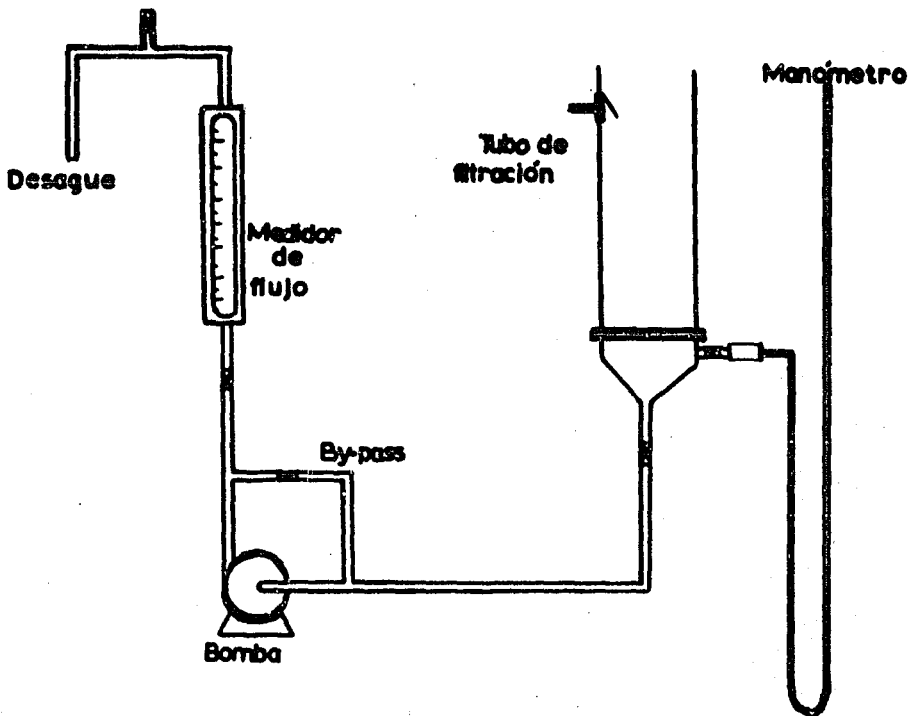


Fig. 15. Aparato de filtración.

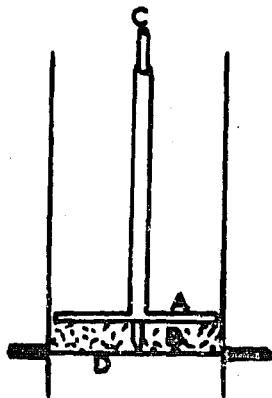


Fig. 16. Tube de filtración. A, pistón permeable; B, pasta; C, baqueta; D, Mallado alambre.

Inmediatamente debajo de la tela se encuentran dos válvulas: una que comunica con el manómetro y otra que cierra la succión al filtro. En la parte inferior se encuentra una bomba con un by-pass para regular el flujo a medida que aumenta la caída de presión. A continuación se encuentra el medidor de flujo y la manguera que tira el agua al drenaje. El aparato puede apreciarse mejor en la colección de fotos adjunta.

El sistema de trabajo es bien sencillo, consiste en ver el tiempo que transcurre en bajar el nivel en el manómetro de agua y controlar uniforme el flujo que en el caso de las pruebas fue de 40 galones/hora.

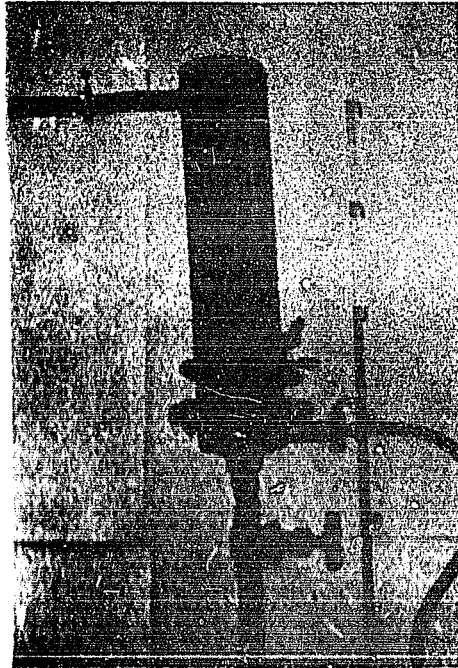
Con este aparato se obtuvieron los datos necesarios que puestos en la ecuación (13) da la curva para pastas clasificadas y sin clasificar. Esta curva pasa a ser recta en un papel log-log. Ver figura 17

Se necesitan hacer dos tipos de pruebas, uno con pasta clasificada y otro con pasta normal. Para ello se construyó un rudimentario clasificador Bauer-McNett. La tela metálica de este aparato es de 150 mallas y la forma de trabajar es la misma que la del clasificador (ver fotografía).

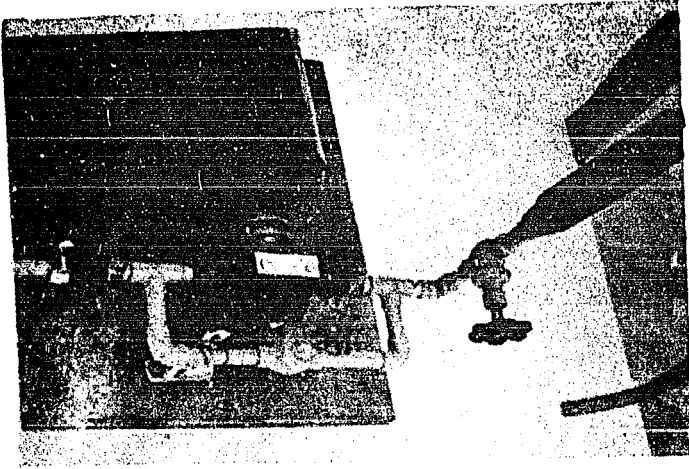
Para obtener el valor de m se construyó un émbolo permeable, con una banqueta en medio que descansa en la tela metálica. Para obtener los datos es necesario operar con cada muestra de pasta después de haber obtenido la resistencia específica de filtración de la siguiente manera: se cambia la alimentación por agua limpia, se para la bomba y se espera que el manómetro regrese a cero, se introduce el émbolo con la baqueta y se mide lo que sobresale la baqueta del émbolo en la parte superior, con un pie de rey. Se opera con la bomba de la misma manera que con la resistencia y se repite la medida de la baqueta cada 10 cm. de caída de presión. Al llegar a 100 cm. se cierran las válvulas del tubo de filtración y se succiona el agua que queda arriba del émbolo. La pasta se saca con cuidado desarmando la brida y se pesa en recipiente tarado, se lleva a sequedad pesándose de nuevo. De esta manera se obtiene peso húmedo sobre peso seco que es m para los 100 cm. de ca-



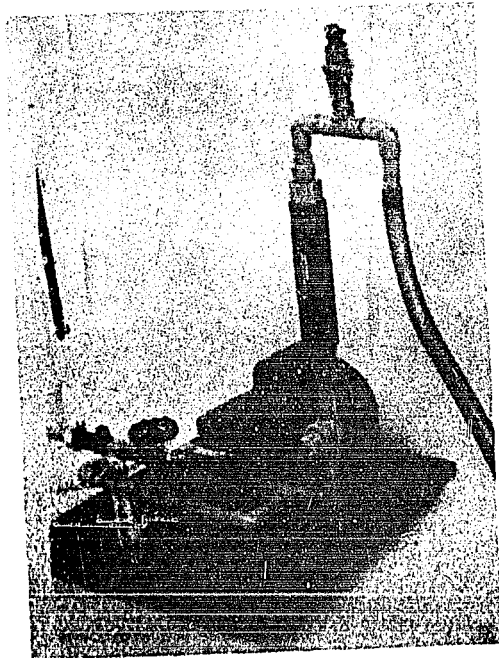
Vista general del aparato.

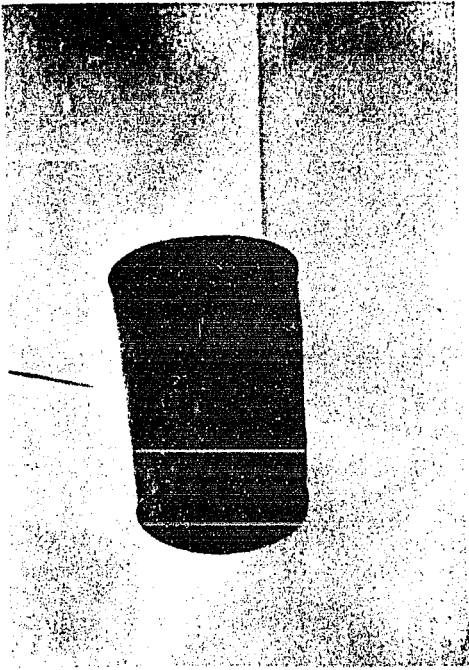


Tubo de filtración.

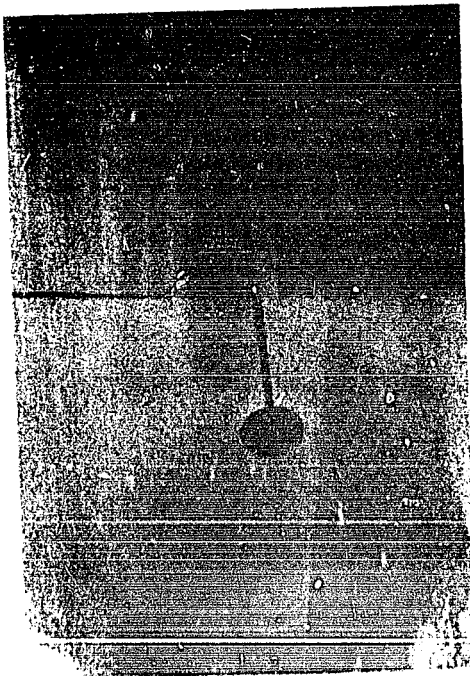


Vista de la bomba, by-pass y medidor de flujo.





Clasificador de pastas.



Embolo permeable y baqueta.

ida de presión. Para obtener los datos de las otras caídas de presión solo se relaciona el anterior a las medidas obtenidas en la baqueta (ver gráfica 16). Los datos se pasan a un papel log - log para convertir la curva en una recta.

La pasta en la caja de alimentación es de 1%, pero en el laboratorio se trabaja con pasta de 0.01% para evitar que la pasta se flocule. La diferencia de trabajar con estas pastas diluidas tiene una relación de 1.35 a la pasta concentrada. Este dato lo obtuvieron experimentalmente, para problemas similares.

C) Resolución del problema y resultado.

El primer paso consiste en calcular la presión efectiva a través de tela y pasta. Se sabe por experimentos prácticos que la caída de presión es de 1/20 de la presión máxima a través de tela y pasta.

La caída de presión se obtiene con la fórmula de Wrist (5).

$$\Delta P_{\text{max}} = 1/2 \rho U^2 \quad (14)$$

$$\Delta P_{\text{max}} = 1/2 \times 1.22 (110)^2$$

$$\Delta P_{\text{max}} = 6.18 \text{ cm. de agua}$$

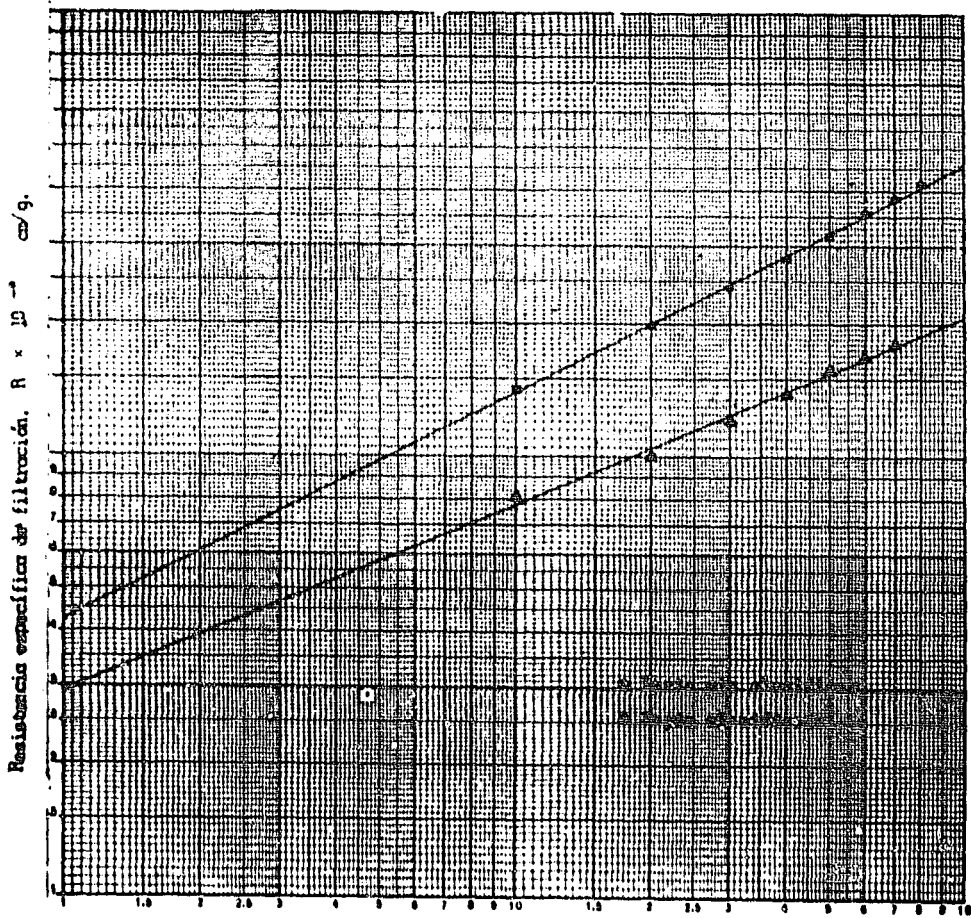
$$\text{Caída de presión efectiva} = 1/20 \times 6.18 = 0.309 \text{ cm. de agua.}$$

Este valor se emplea en el primer tanteo para obtener por medio de la gráfica 17 los valores de R_o y R_w . Estos valores se obtienen dividiendo las cifras obtenidas en la gráfica por 1.35, que es el factor de floculación mencionado. De R_o y R_w se calcula k_1 y k_2 con las ecuaciones (4) y (5). La resistencia total se calcula de la ecuación (3) y en este caso es de 4.4×10^0

Ahora la caída de presión efectiva es:

$$\left[\frac{4.4 - 1.08}{4.4} \right] 0.309 = 0.2335 \text{ cm.}$$

Como este valor es muy diferente de 0.309 cm. de agua, se recalcula lo anterior empleando una caída efectiva de presión de 0.233 cm. de agua.



Caída de presión, ΔP , cm. de agua.

Figura IV

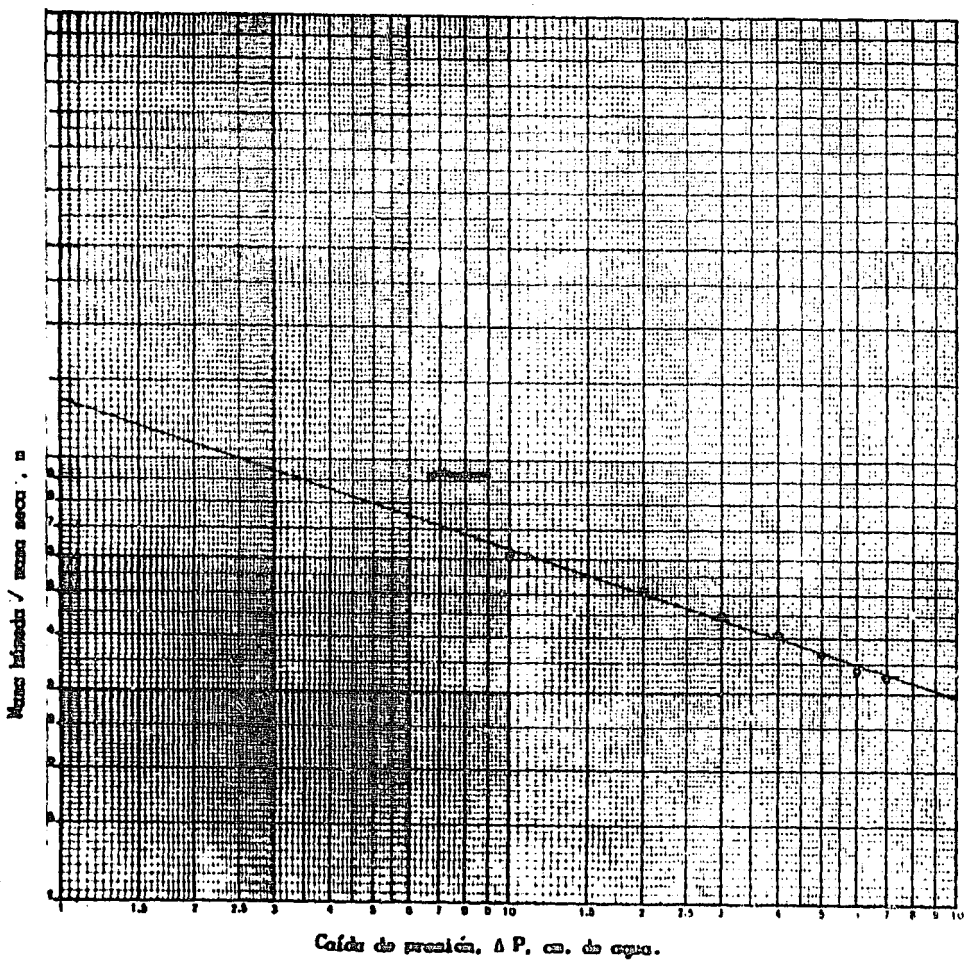


Figura 12

Con 0.233 cm. encontramos una $R_t = 3.99 \times 10^6$ y una caída efectiva de presión de 0.225 cm. de agua, que es una diferencia pequeña con el anterior y por lo cual puede considerarse como correcto. De esta manera obtenemos para el problema los siguientes datos:

$$R_o = 0.310 \times 10^8 = k_2 \quad R_w = 0.489 \times 10^8$$

$$k_1 = 12.8 \times 10^6 \quad R_t = 3.99 \times 10^6$$

La ecuación (8) se puede escribir para un problema dado como:

$$W_n = \frac{K}{R_t^2} \quad (15) \quad \text{en donde} \quad K = \frac{0.59 \rho^3 \alpha U^2 (s - \bar{w})}{2 \mu^2 (1 - m_s)} \quad (16)$$

Para nuestro caso y tomando el valor de m en la gráfica (18) el valor de K es 1.384×10^7 .

Como se desea buscar una ecuación que relacione las condiciones de la máquina a el drenaje de todos los rodillos de la mesa, R. Daane y S. T. Han de la Beloit Iron Works sugirieron que el promedio base en peso se puede tratar como una función continua del número de rodillos de la mesa de fabricación, por lo tanto:

$$\frac{d(\bar{W}_n)}{dn} = \Delta W_n \quad (17)$$

S.T. Han integró esta ecuación usando las ecuaciones (3) y (15) dándole como resultado:

$$KN = \frac{k_1^2}{5} W^5 + \frac{k_1 k_2}{2} W^4 + \left(\frac{2k_1 \alpha + k_2}{3} \right) W^3 + k_2 \alpha W^2 + \alpha^2 W \quad (18)$$

en donde N es el número total de rodillos.

Empleando todos los datos obtenidos anteriormente, así como la ecuación (18) llegamos a encontrar el resultado del problema que en este caso fue de 25.9 o sea de 26 rodillos.

CONCLUSIONES

- 1º.- Existe una variabilidad muy amplia en el Fourdrinier de acuerdo a la máquina y a los diferentes tipos de papel.
- 2º.- La formación de la hoja en la mesa obedece a una cantidad muy grande de factores. Pero que en la máquina sometida a examen tiene también importancia la vibración que se le da a la mesa.
- 3º.- Los rodillos en la mesa de fabricación actúan como bombas de succión y esta succión es directamente proporcional al cuadrado de la velocidad. Tan es así que para gobernar el drenado a veces es necesario colocar rodillos acanalados.
- 4º.- La máquina actualmente trabaja con 20 rodillos de los cuales 4 en el momento de la prueba no estaban girando lo que disminuye notablemente la capacidad de succión del rodillo. El resultado del problema, 26 rodillos, es lógico y hace suponer que en esas condiciones se tendrá una formación de la hoja mucho más uniforme y que la succión de las cajas se podría disminuir aumentando la vida de la tela.
- 5º.- Podría además suponerse que teniendo la mesa aún soportes disponibles para más rodillos, y combinando más velocidad, con una vibración adecuada a la mesa, se tendría un aumento notable de producción sin perjudicar la calidad de formación de la hoja.
- 6º.- El aparato construido para medir la resistencia específica de filtración de celulosas podría servir para algunas otras pruebas de otros materiales, siempre que sea flujo constante.

B I B L I O G R A F I A

- 1.- C. Earl Libby. Pulp and Paper Science and Technology. Vol II. Paper. Mc Graw- Hill Book Company. 1962
- 2.- J. Newell Stephenson. Pulp and Paper Manufacture. Vol 3. Manufacture and Testing of Paper and Board. Mc Graw-Hill Book Company, Inc. 1953
- 3.- G. S. Witham, SR. Modern Pulp and Paper Making. Second Edition Reinhold Publishing Corporation. 1942
- 4.- Hood, M.R., World's Paper Trade Rev., Tech. Conv. N° 1-6 (Marzo, 1953)
- 5.- Wrist, P.F., Research 5: 475 - 480 (Oct., 1952) o copia en Pulp Paper Mag. Can. 55, N° 6: 115 (1954)
- 6.- Hendry, I.F., Mardon, J., Scruton, H., and Wilkinson, D.M., D.M., Proc. Tech. Sect. British Paper and Board Maker Assoc. (Inc.) 33, Part 3: 603-653. (Dic., 1952)
- 7.- Moss, L.A., and Bryant, E.O., Paper Trade J. 106, N° 6: 47-57 (Abr.14, 1938).
- 8.- E. R. Finger and Z. J. Majewski. Tappi 37, N° 5 Mayo 1954.
- 9.- Danielson, R., and Sttenberg, B., Svensk Papperstidn. 50. N° 13: 301-305 (Julio 15-1947)
- 10.- W. F. Tschudin and P.A. Schmid Pulp and Paper International 40-43 (marzo 1964)
- 11.- W. F. Bennett. Tappi Vol. 37 N° 11: 534 (1954)
- 12.- Taylor, G.I. Pulp Paper Mag. Can N° 3: 267 (1956)
- 13.- Wrist, P.E., Pulp Paper Mag. Can. 55, N° 6: 115 (1954)
- 14.- Ingmanson, W. L., Tappi 40, N° 12: 936 (1957)
- 15.- Ingmanson W. L., Tappi 42, N° 6: 450 (1959)
- 16.- Ingmanson W. L., and Whitney, R. P. Tappi 37, N° 11: 523 (1954)
- 17.- Ingmanson W. L., and Andrews, B. D., Tappi 42, N° 1: 2835 (1959)