

300618

6  
2ej



**UNIVERSIDAD LA SALLE**

---

---

ESCUELA DE QUIMICA  
INCORPORADA A LA U.N.A.M.

"DESARROLLO Y APLICACION DE ENCOLANTE  
PARA PAPEL A BASE DE RESINA DE PINO"

**TESIS PROFESIONAL**  
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:  
**INGENIERO QUIMICO**  
**P R E S E N T A**  
JOSE REFUGIO GARCIA ESPINOSA  
DIRECTOR DE TESIS: ING. JORGE GARCIA ACEVEDO

MEXICO D.F. 1992

**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 está 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

|       |  |        |
|-------|--|--------|
| I.-   | Introducción.....  | pág 1  |
| II.-  | Generalidades sobre la fabricación de papel.....   | pág 2  |
|       | - Materias primas empleadas en la fabricación de papel.....                                | pág 2  |
|       | - Etapas de modificación del material fibroso.....   | pág 4  |
|       | - Fabricación de la hoja de papel.....   | pág 6  |
|       | - Propiedades físicas y ópticas de la hoja de papel.....                                   | pág 8  |
|       | - Determinación de compuestos químicos ajenos a la composición de las fibras de papel..... | pág 10 |
|       | - Composición fibrosa del papel.....   | pág 10 |
|       | - Problemas biológicos.....  | pág 11 |
|       | - Recubrimientos para papel.....   | pág 11 |
| III.- | La resina de pino y su importancia en la fabricación de encolantes para papel.....         | pág 18 |
|       | - Métodos de obtención.....  | pág 18 |
|       | - Composición química.....   | pág 20 |
|       | - Propiedades físicas.....   | pág 23 |
|       | - Reacciones químicas.....   | pág 24 |
|       | - Reacciones involucradas en la obtención de encolantes.....                               | pág 28 |
|       | - Encolantes de brea de pino.....  | pág 30 |
|       | - Fabricación de encolantes de brea.....   | pág 31 |
|       | - Propiedades Físicas y Químicas de encolantes de brea de pino.....                        | pág 32 |
|       | - Manejo del encolante.....  | pág 32 |
|       | - Mecanismo de encolado interno en sistema ácido.....                                      | pág 33 |
|       | - Factores que afectan el encolado.....  | pág 36 |
|       | - Recomendaciones generales para la optimización del proceso de encolado.....              | pág 38 |
| IV.-  | Desarrollo y aplicación experimental del encolante....                                     | pág 39 |
|       | - Descripción del desarrollo.....  | pág 39 |
|       | - Operaciones mecánicas.....   | pág 40 |
|       | - Procedimiento.....   | pág 43 |
|       | - Resultados.....  | pág 51 |
| V.-   | Encolado en sistema neutro-alkalino con encolantes ASA y AKD.....                          | pág 53 |
|       | - Encolante tipo ASA.....  | pág 53 |
|       | - Aplicación del encolante ASA para la prueba.....   | pág 55 |
|       | - Resultados.....  | pág 57 |
|       | - Encolante tipo AKD.....  | pág 57 |
|       | - Aplicación del encolante AKD para la prueba.....   | pág 61 |
|       | - Resultados.....  | pág 62 |
| VI.-  | Conclusiones.....  | pág 64 |
| VII.- | Bibliografía.....  | pág 66 |

## INTRODUCCION

En el México de nuestros días, algo muy común dentro de cualquier industria es la importación de materias primas para llegar a un producto terminado o en su defecto la importación del producto final, ocasionando que una cantidad muy importante de divisas salga del país hacia el extranjero. Esta importación se debe principalmente a la reciente apertura de fronteras, al menor costo que tienen algunos materiales o simple y sencillamente a que no existe en el país un fabricante del producto o de los productos que puedan satisfacer nuestras necesidades y que sean de una calidad aceptable, siendo este el caso de los encolantes para papel que trabajan en medio neutro-alcalino. Estos productos mejor conocidos en la industria papelera como AKD o ASA son materiales que no se fabrican en México y lo que es aún más perjudicial para la industria nacional, son productos que pertenecen a monopolios a nivel mundial.

El presente trabajo tiene como objetivo desarrollar un encolante alternativo para los fabricantes de cartón y papel, siendo este un encolante derivado de brea de pino que puede ayudar al país a solucionar el problema de la importación de este tipo de materiales que son costosos y representan una salida importante de divisas y además ayudar a solucionar algunos problemas de carácter agrario, creando mayores fuentes de trabajo, ya que como este encolante es un producto derivado de brea su producción aumentaría considerablemente el consumo de esta resina de pino a nivel nacional, creando fuentes de trabajo y evitando de esta forma que campesinos sin empleo emigren a la ciudad o a otros países. Por otra parte, México cuenta con los recursos naturales, tecnológicos y de mano de obra para poder fabricar este encolante, reduciendo la importación de AKD y/o ASA y en un futuro llegar a ser autosuficientes en su producción.

## GENERALIDADES SOBRE LA FABRICACION DE PAPEL

Dentro de la fabricación de papel intervienen aspectos importantes como son: las diferencias de materias primas que se utilizan, tipos de cargas, etapas de proceso dentro de la máquina productora, tratamientos especiales, etc.

### I.- Materias primas empleadas en la fabricación de papel

La principal materia prima es la pasta o pulpa; en su fabricación se emplean métodos mecánicos y/o químicos. La pasta se puede utilizar tal como sale del proceso de su formación o después de blanqueada. Dentro de los principales tipos de pulpa se encuentran los siguientes:

#### 1.- Pastas al sulfito

##### a) Pasta al sulfito sin blanquear o pasta cruda al sulfito:

- Comprende cinco clases:
- De fácil blanqueo
  - Blanqueable
  - Sin blanquear fuerte
  - Sin blanquear para papel periódico
  - Mitscherlich sin blanquear

La pasta al sulfito de fácil blanqueo se usa cuando la formación y la limpieza son de primordial interés. Esta pulpa da hojas suaves, absorbentes, limpias y brillantes. La pulpa blanqueable se utiliza cuando se quiere un papel fuerte, limpio y de buena apariencia (libros, bolsas y papel para escritura). La pulpa sin blanquear fuerte se usa en aquellos papeles en que la resistencia es la cualidad más importante, como son los empleados en bolsas, sobres, cajas plegables, papeles impermeables y a prueba de grasa. La calidad para periódicos tiene resistencia mediana y su uso principal es la manufactura de papel para la impresión de periódicos. La pulpa Mitscherlich sin blanquear se usa para papeles en los que la resistencia es el factor de mayor importancia.

##### b) Pasta al sulfito blanqueado:

- Comprende dos clases:
- Grado bond
  - Pasta para libros

El grado bond se usa siempre que se requiere un papel que sea fuerte, limpio, brillante, como el destinado a bolsas, cubiertas para libros, etiquetas, papel parafinado y papel para escritura. La pasta al sulfito blanqueada para libros no es tan fuerte como la pasta grado bond, pero es limpia y brillante, por lo que se utiliza cuando

se desea una textura uniforme y blanda como la del papel secante, papel para libros y folletos y servilletas.

## 2.- Pastas al sulfato

a) Pasta al sulfato sin blanquear o pulpa cruda al sulfato.

- Se tienen dos tipos: - Pulpa Kraft  
- Pasta al sulfato ligera y fuerte

La pulpa Kraft tiene mal color y es difícil de blanquear, pero debido a su gran resistencia se emplea en papeles y cartones en los que la resistencia es de primordial importancia. El segundo tipo requiere una cocción más larga en condiciones más rigurosas que para la pasta Kraft, esta pasta es más limpia y de mejor color, aunque su resistencia no es tan buena.

b) Pasta al sulfato semiblanqueada.

Se emplea para artículos que requieren un mejor aspecto como cartulinas, papel para sobres, etc.

c) Pasta al sulfato blanqueada.

Encuentra su aplicación en la producción de papeles y cartones blancos que requieren resistencia.

## 3.- Materias primas no fibrosas

- Se clasifican en dos tipos: - Sustancias químicas inorgánicas  
- Sustancias químicas orgánicas

a) Sustancias químicas inorgánicas:

Estos materiales se emplean como cargas y revestimientos, se usan materiales como la arcilla, talco, dióxido de titanio, pigmentos a base de sulfato de zinc, carbonato y sulfato de calcio, sulfato de bario, silicato de sodio y sulfato de aluminio.

De todos los tipos de arcilla, los más usados en la industria del papel son el caolín y el silicato de aluminio. El dióxido de titanio y los pigmentos de sulfato de zinc se utilizan para impartir opacidad y aumentar la brillantez de algunos tipos de papel. El carbonato de calcio se usa en diversas formas como agente de relleno y de revestimiento, mientras que el sulfato de calcio se usa como recubrimiento de algunos tipos de papel para cubiertas. El silicato de sodio se emplea como adhesivo en la manufactura del cartón y en menor grado como suavizador del agua. El sulfato de aluminio se utiliza en la purificación del agua, como mordiente al teñir para aumentar la retención de los rellenos del papel y su principal uso se encuentra en el encolado del papel.

## b) Sustancias químicas orgánicas

En la fabricación de papel intervienen compuestos químicos orgánicos como son la brea de pino, almidón, caseína, parafina, etc.

La brea es el agente principal en el encolado de papel, mientras que el almidón va a ser el responsable de aglutinar las fibras de celulosa y ayudar a retener los rellenos minerales y pigmentos. En la industria del papel se utilizan almidones de diferentes tipos como son el de maíz, tapioca, papa y trigo. La caseína es un adhesivo que se utiliza como aglutinante de pigmentos en el recubrimiento del papel y no se usa para papeles baratos, ya que su costo es relativamente elevado y en otros papeles por su olor. La parafina se emplea como agente impermeabilizador en el papel parafinado que es su principal aplicación, en las envolturas de papel Kraft, en el cartón de encuadernar y en los cartones que tendrán contacto con alimentos. La glicerina es otro material orgánico que se utiliza como suavizante en papeles resistentes a grasas y en papel para copadoras principalmente.

## II.- Etapas de modificación del material fibroso

El primer paso en la fabricación del papel es la preparación de la pasta, en donde ésta se somete a un tratamiento mecánico, antes de entrar a la máquina productora de papel. Este tratamiento mecánico es de vital importancia, ya que algunas propiedades del papel se fijan en esta etapa. La preparación de la pulpa consta de los siguientes pasos: desintegración de la pulpa en agua, batido, refinación, adición de cargas, encolado y coloración.

### 1.- Desintegración de la pulpa

En este punto las hojas secas de la pulpa o desperdicios del papel se desintegran en agua. Esta operación se realiza de una forma tal que las fibras solo queden dispersadas en ella.

### 2.- Batido y Refinación

Hoy en día se ha tratado de eliminar una distinción muy marcada en otras épocas y se emplea el término de Refinación en un sentido más amplio que incluye al batido y a la refinación.

El batido aumenta la superficie y la flexibilidad de las fibras y disminuye su longitud. Los componentes celulósicos y hemicelulósicos de éstos se esponjan y gelatinizan, y con ello aumenta la cantidad de agua ligada a las fibras. Se cree que en el batido, las fibras sufren alteraciones puramente físicas; sus paredes se aflojan y agrietan y su estructura se aclara. Con el batido

aumentan la densidad de la hoja y las resistencias a la tracción y al doblado y disminuyen la brillantez, la extensibilidad y la resistencia al desgarro.

El refinado origina los mismos cambios que se producen con las batidoras, pero es mayor el corte en la refinadora. Existen actualmente numerosos tipos de máquinas refinadoras entre las cuales están: la refinadora Jordan, el Hydratiner Dilts, la refinadora Clafin, la refinadoras Wiener, etc.

### 3.- Adición de cargas

Una enorme cantidad de tipos de papel contienen cargas ó rellenos, como el caolín, carbonato de calcio, arcilla y otras sustancias. Se adicionan durante la preparación de la pasta y sirven para crear ó modificar algunas propiedades de la hoja de papel. Las cargas son en general polvos de grano muy fino del orden del 30 micrómetros y comunmente insolubles en agua.

La adición de cargas a las hojas va a provocar que se modifique su brillo, volumen, flexibilidad, suavidad y peso. Mejoran las cualidades impresoras al aumentar su lisura; uniformidad de superficie y receptividad para las tintas.

Los principales problemas que se tienen con las cargas son que se disminuyen en cierto grado el encolado y la resistencia de las hojas. Cuando se utilizan cargas, el relleno se concentra en la parte superior o del fieltro. Solo una parte de la carga que sale de la caja de alimentación es retenida en la hoja por acción recíproca de la filtración y la floculación. Es por esta razón que se procura aminorar los derrames del sistema de agua que la contiene.

La tabla I resume las principales propiedades y uso de la mayoría de las cargas que se utilizan en la industria papelera.

### 4.- Encolado

Esta etapa de fabricación consiste en la adición de diversos productos como resinas, hidrocarburos, ceras, almidones, latex y otros; conocidos bajo el nombre de encolantes. Estos productos van a dar al papel cierta resistencia a la penetración de los líquidos.

Los encolantes se pueden agregar a la pulpa en diversos puntos, ya sea desde la batidora, refinadora o bien antes de que la pulpa entre a la máquina productora de papel.

Las técnicas de encolado son muy variadas, afectadas por el pH, la temperatura, dureza del agua, y condiciones de la fibra.

Por ser el encolado el tema central de este trabajo, este punto se discutirá más a fondo en los capítulos siguientes.



TABLA I

**TESIS CON  
VALIA DE ORIGEN**

| C A R G A                        | COMPONENTES                    | PORCENTAJE | DENSIDAD    | $\eta_D$    | BRILLANTEZ | USO   |
|----------------------------------|--------------------------------|------------|-------------|-------------|------------|---|
| Arcilla                          | Si O <sub>2</sub>              | 43 - 52    | 2.52 - 2.60 | 1.56        | 80 - 86    | Papel de escribir, material base para revestimientos, cartón, papel para periodico e impresión. |
|                                  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 34 - 42    |             |             |            |   |
|                                  | H <sub>2</sub> O               | 12 - 15    |             |             |            |   |
| Talco                            | Si O <sub>2</sub>              | 52 - 63    | 2.6 - 2.8   | 1.56 - 1.57 | 80 - 89    | Sobres, papel para escribir, papel de impresión, cartón.  |
|                                  | MgO                            | 27 - 34.5  |             |             |            |   |
|                                  | Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> | 0.3 - 2.6  |             |             |            |   |
|                                  | H <sub>2</sub> O               | 0.6 - 60   |             |             |            |   |
| Agolita                          | Si O <sub>2</sub>              | 60 - 62    | 2.5 - 2.9   | 1.56        | 92         | Papel secante, cartón.  |
|                                  | MgO                            | 30 - 35    |             |             |            |   |
|                                  | H <sub>2</sub> O               | 1.4 - 2.3  |             |             |            |   |
| Diatomita (natural)              | -                              | -          | 2.0         | 1.4 - 1.46  | 65 - 75    | Mejora el volumen y el desagüe de la pasta para cartón.   |
| Diatomita (quimicamente tratada) | -                              | -          | 2.3         | 1.4 - 1.46  | 90 - 95    | Especialidades  |
| Yeso pulverizado                 | CaO                            | 32.6       | 2.3 - 2.4   | 1.52 - 1.59 | 80 - 91    | Papel para escritura, bond especialidades   |
|                                  | SO <sub>3</sub>                | 45.5       |             |             |            |   |
|                                  | H <sub>2</sub> O               | 19.4       |             |             |            |   |
| Yeso calcinado                   | CaO                            | 41         | 2.7 - 3.0   | 1.571-1.614 | 85 - 90    | Papel para escritura, bond especialidades   |
|                                  | SO <sub>3</sub>                | 58         |             |             |            |   |
|                                  | H <sub>2</sub> O               | 0.6        |             |             |            |   |
| Baritina                         | BaSO <sub>4</sub>              | 80         | 4.3 - 4.4   | 1.64        | 85 - 97    | Especialidades  |
|                                  | H <sub>2</sub> O               | 20         |             |             |            |   |
| Creta                            | CaCO <sub>3</sub>              | 95.6       | 2.2 - 2.7   | 1.56        | 90         | Papel cigarrillo<br>papel para libros   |
| Carbonato Calcio Precipitado     | -                              | -          | 2.3         | 1.56        | 95 - 97    | Papel para impresión, papel periodico, papel cigarrillo   |
| Raffold                          | CaCO <sub>3</sub>              | 65         | 2.5 - 2.7   | 1.53        | 95 - 96    | Papel para impresión, papeles básicos para revestimientos                                       |
|                                  | Mg(OH) <sub>2</sub>            | 35         |             |             |            |   |

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

|   |  |                     |                                   |             |         |   |
|---|--|---------------------|-----------------------------------|-------------|---------|---|
| Carbonato calcico con carbonato magnésico básico<br>$\text{CaCO}_3 \cdot \text{Mg}(\text{OH})_x$<br>( $\text{CO}_3$ ) | -  | -                   | 2.5 - 2.7                         | 1.54        | 95 - 97 | Papel para libros y revistas                              |
| Sulfito de Calcio   | CaO<br>$\text{SO}_2$<br>$\text{H}_2\text{O}$ | 43.4<br>49.6<br>7.0 | 2.51                              | 1.57        | 92 - 96 | Papel para revistas                                       |
| Carbonato magnésico<br>$\text{MgCO}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$  | -  | -                   | 2.19<br>2.9 - 3.1<br>3.04<br>1.81 | 1.6         | 98      | Papel para revistas                                       |
| Plomo Fijo  | -  | -                   | 4.2 - 4.5                         | 1.64        | 96 - 97 | Papeles fotográficos<br>Especialidades                    |
| Sulfato de Calcio precipitado   | CaO<br>$\text{SO}_3$<br>$\text{H}_2\text{O}$ | 32<br>45<br>22      | -                                 | 1.55        | 95 - 97 | Papeles de escribir<br>Especialidades                     |
| Dioxido de titanio  | $\text{TiO}_2$                               | 99                  | 3.9                               | 2.55        | 98.5    | Bond paper para impresión cartón encerado, revestimientos |
| Pigmento de Titanio y calcio  | $\text{TiO}_2$<br>$\text{CaSO}_4$            | 30<br>70            | -                                 | 1.87 - 1.98 | 96 - 98 | Revestimientos, especialidades                            |
| Sulfuro de Zinc   | $\text{ZnS}$<br>$\text{BaSO}_4$              | 95<br>5             | 4.0                               | 2.37        | 96 - 98 | Bond, papel para impresión parafinado, especialidades     |
| Litopón de fuerza noble   | $\text{ZnS}$<br>$\text{BaSO}_4$              | 50<br>50            | 4.22                              | -           | 97 - 98 | Bond, papel para impresión, parafinado, especialidades    |
| Litopón con Titanio   | Litopón<br>$\text{TiO}_2$                    | 85<br>15            | 4.22                              | -           | 97      | Bond, papel para impresión parafinado especialidades      |

## 5.- Coloración

El color de la mayor parte de los papeles y cartones se obtiene por la adición de colorantes. La coloración de las hojas blancas muy comunmente proviene del empleo de pulpas blancas; pero aun estas hojas suelen teñirse frecuentemente con adición de azul para un mejor aspecto. Por lo general los colorantes se agregan a la pasta en la batidora ó en otros sitios del curso de la pasta en la máquina de papel. Se pueden agregar de dos formas: teñido por inmersión, donde se colorea la hoja de papel haciendola pasar a través de una solución de colorante y coloración y satinado, en donde la solución se aplica en la calandria.

Los colorantes orgánicos sintéticos solubles en agua son los que suelen emplearse para dar color al papel, sin embargo, algunas coloraciones se hacen con pigmentos insolubles en agua como el negro de humo, colorantes de tinta, colores sulfurosos y lacas.

Factores importantes en la coloración del papel son: la naturaleza de la fibra y el grado de refinación. La calidad y cantidad de la refinación de la pulpa influyen en las propiedades ópticas y en el efecto de color de un determinado tinte. El refinado aumenta la retención de los pigmentos y de los colorantes insolubles en agua, pero al mismo tiempo puede alterar la viveza del color reduciendo el tamaño de las partículas del pigmento, debido a que las hojas presentan dos caras, el color se va a ver afectado, pues los pigmentos tienden a concentrarse en la parte superior de la hoja.

## **III.- Fabricación de la hoja de papel**

La conversión de la pulpa o pasta en hojas de papel implica tres fases:

### 1.- Sedimentación de las fibras en forma de lámina húmeda

La hoja se forma agregando uniformemente la suspensión diluida de fibras sobre una tela mecánica sinfín en movimiento, una parte del agua de la hoja escurre por gravedad, otra es extraída por succión y otra es eliminada por presión. Este proceso produce la mayor parte de las calidades del papel. El espesor de la hoja se regula por la velocidad de la tela mecánica, por la consistencia de la suspensión y principalmente por la cantidad de pasta que fluye hacia la máquina.

Las diferentes máquinas productoras de papel funcionan de manera muy semejante. La pasta se vacía a un depósito donde se bombea a trampas de fondo acanalado para que la arena contenida se sedimente; de ahí pasa a las cribas que retienen impurezas. Posterior a estas etapas de eliminación de materiales contaminantes, pasa a la caja de alimentación de la máquina de donde sale la pulpa

con una velocidad muy baja, en una corriente sin turbulencias y con un ancho igual al de la tela mecánica para finalmente caer sobre ésta. El flujo de la pasta se regula por medio de una compuerta y con esto se regula también el grueso de la hoja.

En las máquinas de tipo Fourdriner, las fuerzas que actúan en la dirección del movimiento de la tela mecánica, tienden a orientar las fibras en movimiento en la misma dirección. Esto es ocasionado principalmente por la diferencia de velocidades de la pasta y la tela.

Las hojas de papel hechas por este método comúnmente presentan diferencias de propiedades en los sentidos longitudinal y transversal, en especial en la resistencia a la tracción, al doblado y al desgarramiento.

La pasta en la tela mecánica tiene de 99 a 99.5% de agua; la hoja húmeda al pasar por el rodillo de succión pierde aproximadamente del 15 al 18% de agua. La reducción de agua en la rejilla ocurre por gravedad; la acción de la gravedad en este punto produce el afieltramiento de las fibras. La hoja después de este punto pasa por los rodillos registradores, sobre las cajas de succión, por debajo del rodillo de filigrana y sobre el rodillo de succión que entrega la hoja de papel a la sección de prensas.

El agua que escurre de la tela mecánica se denomina agua blanca. Contiene una pequeña cantidad de fibras, almidón, alumbre, resinas, colorantes y otras cargas. Esta agua puede usarse de nuevo hasta que se alcanza una dureza perjudicial para la fabricación de papel o en algunos casos perjudicial para alguna de las etapas intermedias.

## 2.- Sección de Prensas

La sección de prensas de la máquina Fourdriner consta por lo general de dos o tres juegos de rodillos compresores, cada uno con su propio sistema de fieltros.

La importancia de la sección de prensas radica en reducir el contenido de agua de 78-82% a 60-70%.

Otro punto de interés en el uso de prensas es que reduce las desigualdades de la superficie de la hoja sin dañar su estructura y en algunos casos mejora la cualidades físicas de la hoja.

Los fieltros van a servir para absorber el agua que exprimen las prensas y eliminarla. La cantidad de agua eliminada va a depender de la velocidad de producción de la máquina.

## 3.- Sección de secado

El secado es la operación posterior a la sección de prensas. En esta etapa la hoja húmeda pasa por un par de rodillos aisladores,

en los que las desigualdades de la superficie desaparecen por la presión. De los cilindros aisladores, la hoja pasa a los secadores. El número y dimensión de estos depende de la cantidad de agua que se necesite eliminar en un tiempo determinado, cantidad que es función de la velocidad de la máquina y del peso de la hoja.

Comunmente la sección de secado consta de una serie de rodillos metálicos calentados por vapor, cuyo número puede ir desde una docena hasta cien o más

El contenido de humedad en la hoja se reduce hasta un 3% al salir de la etapa de secado. La cantidad de agua que se elimina en esta sección es muy grande; por ejemplo una fábrica que produce 200 toneladas de papel va a eliminar alrededor de 400 toneladas de agua.

La temperatura de los rodillos varía desde 80-85°C en el primer rodillo, hasta 115-120°C en el último. El tiempo que permanece la hoja en los rodillos no es largo y depende del tipo de papel, así como de la velocidad de la máquina.

Al salir la hoja del último secador, el papel pasa por una serie de rodillos que lo satinan bajo alta presión para mejorar su alisado y acabado, y una vez satinado se enrolla para pasar a la sección de corte.

La sección de corte consta de una embobinadora y una sección de navajas móviles donde se da el ancho final al rollo del papel.

#### IV.- Propiedades físicas y ópticas de la hoja de papel

Entre las propiedades físicas más comunes se encuentran las siguientes:

a) **Peso base**

Es el peso expresado en libras o gramos de una muestra de 500 hojas de dimensiones previamente establecidas. Para determinarlo se pesan una serie de muestras de tamaño determinado.

b) **Espesor**

Es el grosor de la hoja, se mide en milésimas de pulgada. Para esta prueba se utiliza un micrómetro y se hacen una serie de mediciones a lo largo de la hoja determinandose el promedio.

c) **Resistencia a la tensión**

Es la fuerza paralela al plano de la muestra, necesaria para romper una tira de papel de anchura y longitud determinadas y en condiciones de carga específicas, se expresa en kilogramos por

quince milímetros de anchura. Esta prueba es de vital importancia para los papeles destinados a empaque.

d) Estiramiento

Es la dilatación producida por el estiramiento hasta el punto de rompimiento.

e) Resistencia a la explosión

Es la presión necesaria para provocar la ruptura de un disco de papel de 1.2 pulgadas de diámetro al aplicarle presión creciente y regulada. La presión se regula por bombeo de glicerina. La presión máxima que resiste el papel se registra en el manómetro del aparato reportándose en libras por pulgada cuadrada.

f) Resistencia al rasgado

Es la fuerza medida en gramos que se requieren para desgarrar una hoja de papel.

g) Rigidez

Es la propiedad del papel relacionada con su resistencia a la flexión. Se mide determinando la fuerza necesaria para producir una torcedura dada o determinando la flexión causada por una fuerza específica, estando la muestra rígidamente sostenida y aplicando la fuerza en el extremo libre.

h) Resistencia al plegado

Se refiere al número de dobleces que el papel soporta sin romperse cuando se ensaya en determinadas condiciones con un instrumento específico. En esta prueba se utilizan tiras de papel de 17x78mm que se sujetan a las pinzas del aparato, aplicándose una presión de 1 kg para producir el doblez.

i) Contenido de humedad

Es el porcentaje de agua existente en el papel. Se determina desecando la muestra por completo, el resultado se expresa en porcentaje del peso de la muestra.

j) Resistencia al agua

Es la propiedad de las hojas de impedir el paso del agua hasta su interior o a través de ella. La prueba se hace simulando las condiciones en que se ha de usar el papel, por esta razón existen numerosos métodos para su determinación.

k) Porosidad

Se mide por la resistencia que opone el papel al paso del aire a través de él. El resultado se expresa como el tiempo

necesario para que pasen 100 centímetros cúbicos de aire a través de una pulgada cuadrada de papel.

**Propiedades ópticas:**

**a) Brillantez**

Es la propiedad de la hoja de papel de reflejar la luz azul.

**b) Color**

Es el color producido por la reflectividad espectral específica del papel y se determina con un instrumento especial.

**c) Lustre**

Se evalúa midiendo la cantidad de luz polarizada reflejada por la muestra en relación con la cantidad total de luz reflejada en un ángulo de 57.5°

**d) Transparencia**

Es la propiedad del papel por la que transmite los rayos luminosos, de modo que los objetos son claramente visibles a través de él. Comúnmente se determina la relación de transparencia, que es la medida de la diafanidad, cuando entre la muestra de papel y el objeto visto a través de él hay un espacio de aire.

Tanto las pruebas físicas como las ópticas son ensayos que surgen de la necesidad de evaluar y/o simular las condiciones de uso, que la Technical Association of the Pulp and Paper Industry (TAPPI) ha desarrollado y denominado bajo las siglas de Tm y un número clave.

**V.- Determinación de compuestos químicos ajenos a la composición de las fibras del papel**

La TAPPI en conjunto con la ASTM han desarrollado análisis cualitativos para la determinación de materiales no fibrosos añadidos intencionalmente o presentes como impurezas en las fibras.

Entre los principales métodos de determinación se encuentran la de alfa-celulosa, índice de cobre, cantidad de brea, cantidad de almidón, cantidad de pigmento y carga mineral y cantidad de parafina.

**VI.- Composición fibrosa del papel**

Las fibras de una hoja de papel pueden ser de uno o varios tipos, según las características que se necesiten y el costo.

El método más común de identificación de fibras consiste en desgarrar una muestra de papel y hervirlos en un vaso de precipitados con una solución al 0.5% de hidróxido de sodio; se deja enfriar y se lava con agua se neutraliza con ácido clorhídrico y se lava con agua; se deshacen los trozos de papel entre los dedos y se agita la pulpa vigorosamente con agua en un tubo de ensayo; se hace una suspensión de aproximadamente 0.005% de las fibras y se examinan al microscopio. Se utilizan algunos colorantes para ayudar a esta identificación como el colorante C de Graff o colorantes de yodo.

## VII.- Problemas Biológicos

Un aspecto importante en la fabricación de papel es el control de los microorganismos presentes en la pulpa, ya que estos encuentran un medio ambiente propicio para su desarrollo y reproducción, pues se agregan sustancias nutritivas como el almidón. Los microorganismos forman los llamados lodos que trastornan la corriente normal de la pasta, forma grumos e impide la formación regular de la hoja.

Para controlar este problema se han desarrollado numerosos antisépticos y desinfectantes que se clasifican en tres tipos: clorofenoles, mercuriales orgánicos y detergentes.

Otro aspecto del control microbiológico tiene importancia en el funcionamiento de la máquina de papel. Muchas veces las conducciones de agua contienen microorganismos que atacan los fieltros de la máquina y acortan su vida útil.

## VIII.- Recubrimientos para papel

Un paso adicional en la fabricación de papel es el recubrimiento. Esta etapa sólo se efectúa a los llamados papeles especiales.

### 1.- Materias Primas

Los recubrimientos son compuestos inorgánicos y orgánicos como los pigmentos, adhesivos, ceras, aceites secantes, barnices y en fechas recientes la utilización de polímeros.

Los recubrimientos se aplican a una o a las dos caras del papel por medio de máquinas especiales, para mejorar sus cualidades de impresión o aspecto decorativo.



Los pigmentos son los principales recubrimientos utilizados en la industria papelera. La función principal de un pigmento es llenar los poros existentes entre las fibras de papel y formar en su superficie una finísima película lisa y continua que va a ocasionar que el papel para impresión sea receptivo a la tinta. El objeto de este recubrimiento es permitir un contacto uniforme de la tinta de imprenta para la perfecta reproducción de la ilustración.

Los adhesivos se utilizan para ligar entre sí las partículas de pigmento y la superficie del papel, de modo que la capa formada no se despegue cuando se utilicen tintas de imprenta pegajosas en su impresión. La proporción de adhesivo regula muchos de los caracteres del papel acabado, como su brillantez, pulimento, receptividad para la tinta, lisura y firmeza de la superficie.

Las ceras se emplean para mejorar el lustre y alisado de la superficie del papel. Estos materiales se aplican generalmente en estado de fusión. El método empleado, la porosidad del papel, y la temperatura en el momento de aplicación determinan si la cera es absorbida por el papel o si queda solo en la superficie. Las ventajas del tratamiento del papel o cartón son: aplicación fácil, bajo costo, carencia de sabor y olor. Por otro lado las desventajas que se tienen son: su bajo punto de reblandecimiento, y falta de flexibilidad a temperaturas bajas. La cantidad de cera que se aplica varía desde 1.5 libras por lado y por 3000 pies de papel, es decir, 2.44 gramos por metro; hasta 60 libras por lado y por 3000 pies, esto es, 97.65 gramos por metro.

Los compuestos derivados de la celulosa son un grupo de sustancias muy útiles en el recubrimiento del papel, por ejemplo: el nitrato de celulosa o poroxilina que proporciona tenacidad, resistencia a la abrasión, a los aceites, a los ácidos y bases débiles, al agua y excelente brillo. Su aplicación se hace con disolventes orgánicos como algunos alcoholes y compuestos aromáticos como el tolueno. Este aditivo es compatible con muchas resinas y plastificantes naturales y sintéticos con lo cual su aplicación aumenta considerablemente. Este compuesto se aplica a papeles destinados para cubiertas, catálogos, mapas, tarjetas postales, carteles para exteriores, etc.

La celulosa etílica, el acetato y el acetato-butirato de celulosa, se emplean en recubrimientos de papel destinados a fines especiales. La celulosa etílica posee excelente resistencia al calor, su color no se altera fácilmente por la luz solar. Este compuesto se emplea en papeles encerados y papeles recubiertos por lámina de aluminio.

Los polímeros más utilizados como recubrimiento son los polímeros y copolímeros de vinilo y polietileno.

El acetato de polivinilo se utiliza como recubrimiento por su carácter termoplástico.

El cloruro de polivinilo se usa en papeles que necesitan una excelente resistencia a los disolventes, grasas, aceites y una gran variedad de productos químicos. Generalmente se aplica en cantidades de 10 a 20 libras por 3000 pies.

Los copolímeros de acetato y cloruro de vinilo se usan como recubrimientos de poco peso para impartir brillo, resistencia química, resistencia a disolventes, grasas y aceites. El peso típico de este recubrimiento es de 3 a 10 libras por 3000 pies de papel. Los copolímeros de acetato y cloruro de vinilo han reemplazado a la nitrocelulosa en algunas de sus aplicaciones, ya que las películas producidas son más tenaces y fuertes y poseen mejor resistencia a las sustancias químicas, a la luz solar y a los disolventes. Esos recubrimientos son inodoros e insípidos y es posible usarlos en contacto directo con las materias alimenticias. Se usan principalmente en el papel Kraft pesado y el cartón de pulpa utilizado en los cierres de envases de vidrio.

El cloruro de vinilideno se aplica en estado de fusión y comunica al papel excelente resistencia al vapor de agua y fuerte capacidad de autocierre por el calor. El peso promedio es de 20-30 libras por 3,000 pies.

En los últimos años, las resinas de polietileno se están utilizando no sólo como recubrimientos para papel, sino también como agentes modificadores de ceras de revestimiento. El polietileno se aplica por extrusión a 232-260 °C de una película delgada directamente sobre el papel que pasa por debajo de la cabeza de extrusión. Los papeles con esta resina se utilizan para hacer sacos de varias hojas, para empaques de alimentos. Tienen alto grado de resistencia química contra el agua, vapor de agua, son más fuertes que el papel común y conservan su flexibilidad a temperaturas muy bajas. Es posible aplicar el polietileno en forma de solución caliente con disolventes apropiados; pero este método no se emplea mucho, porque la extrusión, sin necesidad de disolventes, da muy buen resultado.

Las otras resinas orgánicas que se emplean en el recubrimiento de cartón y papel son las resinas poliámidas que se usan para recubrir papel destinado a fines especiales como el cierre por calor y para dar cierta resistencia contra el vapor de agua. Su aplicación se hace con disolventes o por el método de masa caliente.

Las resinas poliésteres se usan para revestir papeles impresos, que luego se curan para producir laminados.

Resinas alquídicas con estireno se emplean para revestir materiales impresos y otros tipos de papel en los que se requiere gran brillo.

Las resinas acrílicas como los polímeros de metacrilato se usan cuando se desea color claro, conservación del color al envejecer el papel y elevada flexibilidad.

## 2.- Métodos de Recubrimientos de Conversión.

Para la aplicación del color, el procedimiento consta de 4 pasos 1) dilución del adhesivo; 2) preparación del pigmento; 3) mezcla del adhesivo con el pigmento; 4) tamizado del color.

Estas operaciones se efectúan en tanques mezcladores calentados con vapor de agua y tanques para mezclar el pigmento con el adhesivo.

Este se mezcla con el pigmento en una proporción que va del 12 al 20 % de la mezcla final.

Existen diferentes equipos para aplicar el color, siendo el más común el revestidor de rodillos, en el cual el color se aplica con los rodillos, después de este paso el papel entra de nuevo a una etapa de secado con aire caliente, para evitar que el color pierda uniformidad.

#### Satinado

El objeto de satinar los papeles revestidos es planchar la película de recubrimiento, hasta convertirla en una superficie lisa y lustrosa, para que el contacto con las tintas sea uniforme. El satinado es el resultado de la combinación de tres elementos : presión, temperatura y deslizamiento plástico. Para satinar se emplea una calandria con un número de rodillos que van de 9-13, que alternativamente son de acero templado y rodillos blandos con superficie de algodón ó papel. Sólo el cilindro de acero es propulsado, los demás giran por fricción. Los cilindros blandos van a ser los causantes del planchado y lustre en el papel; esto se logra debido a la presión que ejercen los rodillos metálicos sobre aquellos.

### 3.- Métodos de recubrimiento en máquina de papel.

Existen varios métodos para aplicar recubrimientos en una ó dos caras del papel en el curso de su fabricación. Por ejemplo, el color se deposita en la superficie del papel como una película. El aparato recubridor se instala en la sección de secado de la máquina, en una parte donde el papel ya está seco. El contenido de humedad que el papel recibe se evapora al pasar sobre secadores adicionales. Los métodos para secar el papel van desde secadores de aire, hasta el empleo de luz infra roja.

Aparatos para el recubrimiento de papel en la máquina productora de papel.

#### a) Revestidor de Massey

En este recubridor, la fuente de color es parecida a la de una prensa tipográfica. El rodillo del color alterna su contacto con la fuente y los rodillos distribuidores. El color avanza por estos rodillos y llega finalmente a los dos grandes rodillos de aplicación

que se encuentran en contacto giratorio con las caras opuestas del papel base (fig. 1).

b) Revestidor de Rodillos

En este aparato ha disminuido el número de cilindros distribuidores, pero son de un diámetro mayor y más rígidos. La medición del color se realiza por dos rodillos de entrada que giran con velocidad diferente y entre los cuales está la fuente de color. Este método para recubrir papel se emplea en la fabricación de papeles recubiertos por una o ambas caras (fig. 2).

c) Revestidor de rotograbado y offset

Este método se llama offset-rotograbado, porque en el se aplican ambas técnicas. El medidor de color o rodillo tallado tiene en su superficie pequeños huecos en forma de copa uniformemente espaciados y cada uno de ellos completamente rodeado y aislado de los restantes por paredes de metal (fig. 3).

El cilindro tallado se llena en la fuente de color. El exceso de color se elimina por una cuchilla al girar el rodillo. En la línea de contacto de este rodillo con el de aplicación cubierto de caucho, el segundo toma una porción del color por tensión superficial. Esta película es trasladada al papel que pasa entre el rodillo de aplicación y el de apoyo.

d) Revestidor por pulverización centrífuga

Este es un método muy empleado en la aplicación de color a una cara de papel. El rodillo más próximo al papel, gira a gran velocidad y rocía el color por el papel. A este rodillo lo alimentan otros dos situados debajo de él, que giran a menor velocidad (fig. 4).

e) Revestidor de rasqueta

Es un método muy utilizado para aplicar el color de bajo contenido de sólidos, cuyo porcentaje de humedad es de 40%. El objeto de aplicar el color al papel húmedo es evitar que se arrugue a causa de la dilatación. El cilindro del color aplica la capa de este al papel en cantidad sobrada, y el exceso es eliminado por la rasqueta rígida y retorna a la fuente que abastece al rodillo de color (fig.5).

#### 4.- Métodos de aplicación de recubrimientos orgánicos.

Los métodos de recubrimiento en máquina de papel no son aplicables a recubrimientos orgánicos, por ello los papeles con cubierta orgánica son más costosos que los recubiertos en la máquina.

a) Revestidor de hojas

El revestidor de papel en hojas es el más usado para aplicar capas de cubiertas transparentes a hojas de papel impreso. En esta máquina, el papel es recogido de la pila de hojas por las uñas montadas en el rodillo de transferencia. En ese momento, la hoja es llevada al cilindro de apoyo, provisto también de uñas. Cuando la hoja de papel es tomada por el rodillo de apoyo, se levanta el rodillo de aplicación y las superficies de los dos cilindros giran a la misma velocidad. Mientras se esté alimentando al rodillo de apoyo, el aplicador permanece en su posición de funcionamiento, pero en el momento en que las hojas son retenidas, el rodillo aplicador desciende y la superficie del cilindro no se mancha del recubrimiento. El espesor de la capa de recubrimiento se regula en parte por la viscosidad y los sólidos de la capa que se está aplicando (fig. 6).

b) Enceradores de hojas

En estas máquinas la hoja pasa entre dos rodillos, de los cuales el inferior se sumerge en el líquido y el superior recibe el líquido por medio de una bomba. Al correr el papel entre los cilindros, la presión exprime el excedente del recubrimiento. Este equipo solo sirve para materiales de viscosidad relativamente baja, como la parafina fundida y las lacas con viscosidad de menos de 100 cp.

c) Máquinas de revestimiento por inmersión

Son las más antiguas y sencillas para recubrir papel. Se utiliza para recubrir una o ambas caras del papel continuo.

d) Máquinas revestidoras por moldeo

Consiste en un tambor niquelado, cromado y bruñido que se calienta para el secado. El papel continuo pasa por los rodillos de tensión, procedente del rodillo, a la sección de recubrimiento. Esta sección consta de un rodillo que aplica el material de la tina a la cara del papel continuo al pasar éste entre el rodillo de aplicación y un rodillo elástico que ajusta el lado recubierto del papel al cilindro secador. Este debe tener el diámetro lo más grande posible a fin de mantener elevado el ritmo de secado. El papel ha de ser un tanto poroso para que el disolvente del recubrimiento pueda ser eliminado por el reverso de él. El papel recubierto se separa de la cara del cilindro secador cuando está lo suficientemente seco para no perder su brillo en la separación (fig. 7).

e) Máquina con rodillos tipo prensa tipográfica

Consta de un rodillo fuente ordinario con fuente ajustable, un rodillo de transferencia, una serie de rodillos distribuidores y un rodillo con platina ó un rodillo recubierto con caucho. Se usa para aplicar capas de barnices muy brillantes (fig. 8).

f) Máquinas de extrusión

Se usa para aplicar recubrimientos elásticos, puesto que la película de recubrimiento es más delgada que la anchura del orificio de la cabeza de extrusión (fig. 9).

Los papeles recubiertos, al igual que los papeles sin revestir se fabrican en calidades diferentes para destinarlos a distintos métodos de impresión, o a un tipo de prensa impresora o a una clase de tinta, por lo que deberán cumplir con ciertos requisitos como són : 1) firmeza de la unión entre el recubrimiento y el papel base; 2) lisura de la cara ó caras revestidas ; 3) receptividad para la tinta; 4) resistencia al agua; 5) brillo; 6) opacidad del papel; 7) brillantez del papel.

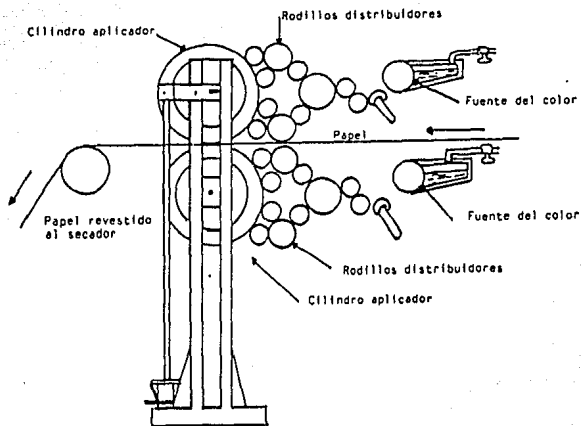


Fig. 1 Revestidor de Massey.

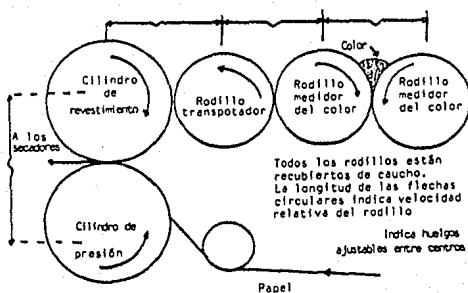


Fig. 2 Revestidor de rodillos.

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

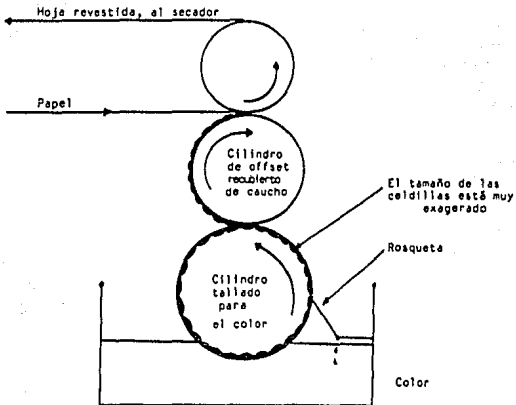


Fig. 3 Método de revestimiento de rotograbado y offset.

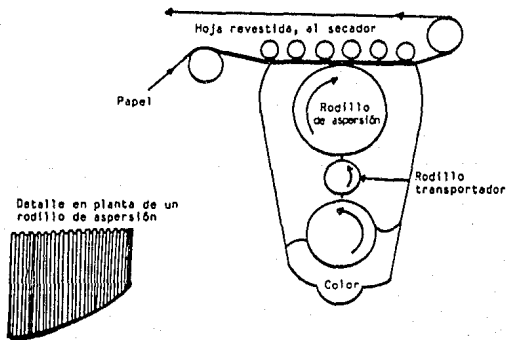


Fig. 4 Revestidor por pulverización centrifuga.



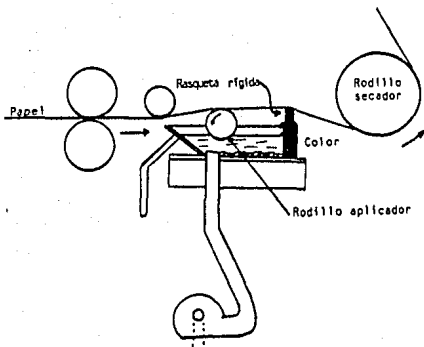


Fig. 5 Revestidor de rasqueta.

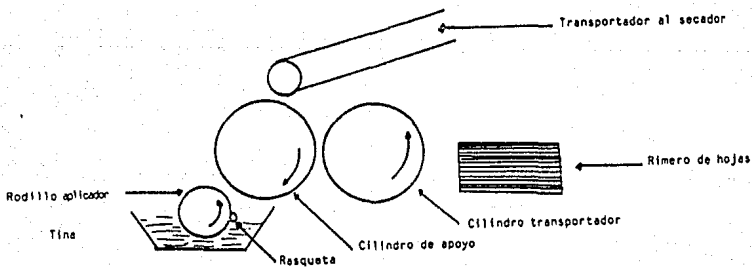


Fig. 6 Revestidor de hojas.

TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN

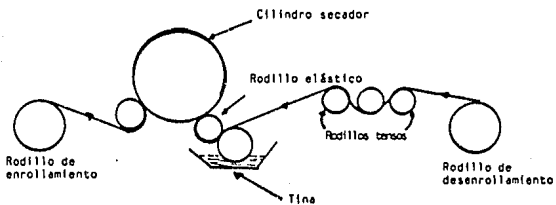


Fig. 7 Revestidor de moldeo.

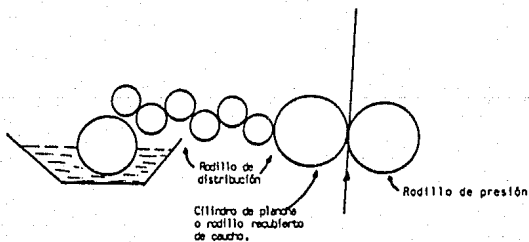


Fig. 8 Revestidor del tipo de prensa tipográfica

**TESIS CON  
FALLA DE ORIGEN**

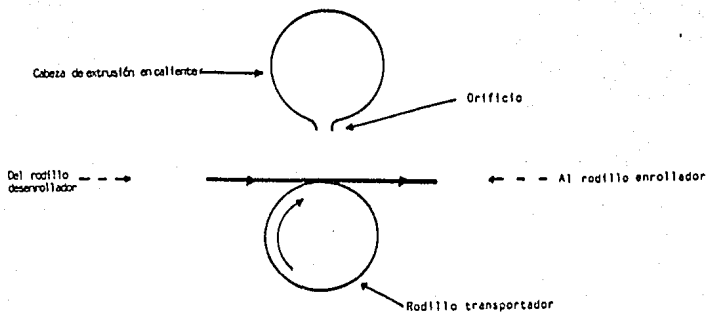


Fig. 9 Revestidor por extrusión

## LA RESINA DE PINO Y SU IMPORTANCIA EN LA FABRICACION DE ENCOLANTES PARA PAPEL.

La resina de pino es un material de origen natural que se extrae de diferentes especies de pino. Está constituida por 80 a 90% de ácidos resínicos y por un 10 a 20% de ésteres y/o material insaponificable.

### I.- Métodos de obtención

La brea se puede obtener de tres formas distintas:

#### a) Exudación de los pinos

La obtención de la resina por este método es la forma de obtención más antigua. Se conoce con el nombre de resinación y consiste en herir el tronco del árbol y recoger la trementina que escurre en un recipiente. Este exudado mana de los espacios intercelulares, que son elementos anatómicos normales de la madera de pino y se presentan en sistemas longitudinales y radiales que se cruzan formando una red continua que se comunica a todas las partes del pino.

Las operaciones fundamentales en la resinación son:

#### Derroñe:

Consiste en quitar la corteza del árbol por resinar sin tocar la albura, para formar una superficie donde se abrirá posteriormente la cara.

#### Entalladura o sangría:

Se hace un corte de entre 8 y 10 centímetros en la parte derroñada y se coloca una guía de lámina, la cual detiene la miera y la conduce a un recipiente de barro.

#### Rebanado o sangrado:

Consiste en prolongar la entalladura hacia arriba, a fin de destapar los canales resiníferos que se han obstruido con la misma resina al solidificar.

#### Remasa:

En esta etapa se vierte la brea de los recipientes de barro a tambores de lámina galvanizada.

b) De la oleoresina contenida en tocones

El procedimiento consiste en desmenuzar los tocones y mediante un disolvente de bajo punto de ebullición extraer la brea y el aguarrás. De esta manera en el disolvente quedan diferentes compuestos terpénicos así como la brea.

El disolvente se fracciona por destilación obteniéndose los siguientes compuestos:

- Aguarrás, con intervalo de destilación de 150 a 165°C
- Compuestos terpénicos, con intervalo de destilación de 166 a 180°C
- Esencia de pino con intervalo de destilación de 181 a 215°C
- Residuo de brea

La brea obtenida en este proceso es bastante oscura, pero si se parte de la solución de brea en nafta, mediante furfural, es posible separar selectivamente en este disolvente la parte colorida.

El resultado final del proceso rinde aproximadamente sobre la materia prima lo siguiente:

|                          |            |
|--------------------------|------------|
| Brea                     | 16 - 18%   |
| Aguarrás                 | 2.1 - 2.5% |
| Esencia de pino          | 1.6 - 1.8% |
| Dipenteno                | 0.5 - 0.6% |
| Material no aprovechable | 79 - 80%   |

Los factores más importantes para una extracción eficiente son: el tamaño y el contenido de agua en las astilla, el tiempo de contacto, la calidad del solvente, la temperatura y la presión

c) Como subproducto de la manufactura de ciertas celulosas, ó brea del tall oil

De la obtención de celulosa tipo Kraft, se tienen como subproductos el aguarrás y el tall oil, que es una mezcla de ácidos grasos. El primero se obtiene mediante la condensación de los vapores producidos por la descarga de los digestores y el segundo se extrae del licor negro que sale de los propios digestores.

El tall oil está compuesto principalmente por ácidos resínicos y ácidos grasos que se separan por varios procesos, siendo el más efectivo el de la destilación fraccionada del tall oil crudo a presión reducida. En este proceso, el tall oil se deshidrata completamente y entonces se destila en forma instantánea por medio de una torre fraccionadora que separa la brea del tall oil crudo. Los vapores que contienen los ácidos resínicos, ácidos grasos y vapores neutros volátiles, se pasan a través de una torre de destilación fraccionada continua en donde la brea del tall oil es tomada del fondo. Las fracciones intermedias o ácidos grasos son colectados y más tarde fraccionados para producir ácidos grasos de alta calidad.

Los grados comerciales de la brea de tall oil producidos por este método contienen de 2 a 4% de ácidos grasos; son de color pálido y tienen un número ácido alto. Estos tipos de brea por lo general son competitivos con las breas obtenidas por los métodos de exudación y de madera.

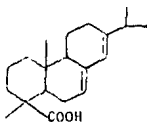
## II.- Composición química

Por lo general la brea está compuesta por ácidos resínicos en aproximadamente 90% y el 10% restante lo constituyen materiales neutros.

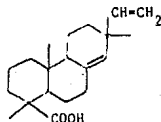
### Fracción ácida

Los ácidos resínicos son compuestos monocarboxílicos derivados del hidrofenantreno, siendo los dos ácidos principales el ácido abiético y el ácido pimárico. Estos difieren en la localización del doble enlace y el tipo de grupo alquil unido al anillo.

El ácido abiético presenta dos dobles enlaces conjugados, en tanto que el ácido pimárico sólo presenta un doble enlace. Esta diferencia va a ocasionar que la estabilidad de ambos ácidos no sea la misma, el abiético es muy susceptible a la isomerización por calor y a la oxidación por oxígeno atmosférico, mientras que el pimárico es relativamente estable bajo estas condiciones.



Ácido abiético

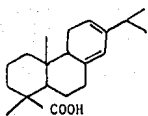


Ácido Pimárico

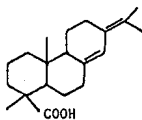
Tomando en cuenta la estructura de estos dos ácidos, los ácidos resínicos se pueden dividir en dos grupos: del tipo del ácido abiético para aquellos componentes que presentan dobles ligaduras conjugadas y del tipo del ácido pimárico que corresponden a los ácidos resínicos con un doble enlace.

A continuación se muestran las estructuras de los ácidos resínicos más comunes.

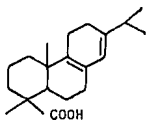
Del tipo abiético:



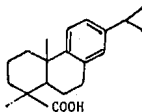
Acido Levopimárico



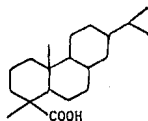
Acido Neoabiético



Acido Palústrico

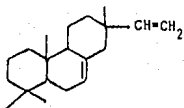


Acido dehidroabiético



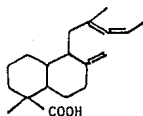
Acido Tetrahidroabiético

Del tipo pimárico:



Acido Isopimárico

Otros ácidos resínicos:



Acido Eliotiónico

La composición típica de la brea de pino, brea de tall oil y madera comercial se dan en la siguiente tabla.

| Acido                | Brea de pino | Tall oil | Madera |
|----------------------|--------------|----------|--------|
| Isopimárico          | 0.6          | 1.5      | 0.9    |
| Eliotiónico          | 2.8          | 2.0      | ---    |
| Pimárico             | 11.4         | 0.6      | 5.8    |
| Sandáracico-Pimárico | 18           | 1.6      | 0.8    |
| Palústrico           | 2.5          | 16       | 7.1    |
| Isopimárico          | 17           | 7.7      | 12     |
| Dehidroabiético      | 5.7          | 29.8     | 15     |
| Abiético             | 20           | 37       | 58.4   |
| Neobiético           | 18           | 3.8      | ---    |

Fracción neutra

La brea comercial de madera y del tall oil contiene aproximadamente 10% de componentes no ácidos, de los cuales se han determinado sólo una pequeña cantidad.

Análisis cromatográficos muestran alrededor de 25 componentes diferentes en la porción neutra de la brea de goma principalmente ésteres.

Se han aislado diferentes compuestos de la fracción insaponificable de la brea entre los que destacan un hidrocarburo,  $C_{27}H_{56}$ , con un punto de fusión de aproximadamente  $60^{\circ}C$ , un hidrocarburo cristalino  $C_{31}H_{64}$  con un punto de fusión de  $68^{\circ}C$ , un alcohol  $C_{15}H_{24}O$ , el 3,5 dimetoxietil benceno y el aldehído del ácido isopimárico entre otros.

Es muy probable que los otros compuestos que aun no se determinan sean alcoholes terpénicos y ácidos resínicos



descarboxilados e hidrocarburos con diferentes grados de insaturación.

### III.- Propiedades físicas

La brea o resina de pino es un sólido quebradizo a temperatura ambiente, insoluble en agua pero soluble en muchos solventes orgánicos como alcoholes, éteres y ésteres, compuestos alifáticos, aromáticos e hidrocarburos clorados.

Las principales propiedades de la brea son su punto de fusión, número ácido y el color.

#### Punto de fusión:

El punto de fusión de la brea oscila entre los 60 y los 70°C, según el método que se emplee, entre los principales está el método de anillo y bola y el método del tubo capilar.

#### Número ácido:

El número ácido se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio que se necesitan para neutralizar un gramo de muestra

Valores típicos de índice de acidez caen en el rango de 168 a 173.

#### Color:

El color de la brea va a depender de distintas variables como son su origen, condiciones de procesamiento, refinación y almacenamiento.

El color se especifica teniendo como referencia la escala establecida por el departamento de Agricultura de Los Estados Unidos, los cuales son en orden creciente de color, X, WW, WG, N, M, K, I, H, G, F, E, D y FF. El último grado se aplica sólo a la brea cruda y existe el grado B que se aplica a todo tipo de brea más oscura que la del grado FF.

Para determinar el color de la brea se utiliza el colorímetro de Gardner-Hold, que consta de 18 tubos en los que se varía el tono o el color, permitiendo una fácil comparación entre la muestra y el estandar.

El siguiente cuadro muestra la escala comparativa de color entre el estandar norteamericano y el colorímetro Gardner-Hold.

## Escala Norteamericana

## Gardner-Hold

|    |              |
|----|--------------|
| X  | 6 - 7        |
| WW | 6 - 7        |
| WG | 7 - 8        |
| N  | 8 - 9        |
| M  | 9 - 10       |
| K  | 10 - 11      |
| I  | 10 - 11      |
| H  | 11           |
| G  | 12 - 13      |
| F  | 14 - 15      |
| E  | 16 - 17      |
| D  | 18           |
| FF | Mayores a 18 |
| B  | - - -        |

Otras propiedades de importancia son:

Peso molecular:

Se ha determinado un peso molecular estandar de 302.23 correspondiente al ácido abiético.

Número de saponificación:

Se expresa como el número de miligramos de hidróxido de potasio requeridos para saponificar un gramo de muestra. Un rango promedio para esta prueba es de 167 a 184.

Material insaponificable:

Esta prueba se realiza a partir de brea previamente saponificada y extracciones con éter. En el solvente se encontrará posteriormente la fracción ácida. El porcentaje varía entre 5.6 y 11.5%.

Material insoluble con éter de petróleo:

Esta es una prueba para determinar si la brea está o no oxidada. Si la brea es insoluble en éter de petróleo, indicará que presenta cierto grado de oxidación.

IV.- Reacciones químicas

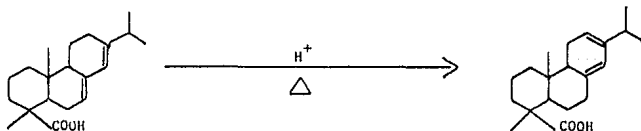
La molécula de los ácidos resínicos tiene dos centros activos: un grupo carboxílico y uno o dos dobles enlaces. Como la brea está compuesta por diferentes ácidos resínicos la química de sus

reacciones es muy compleja. Las reacciones que son mas usadas en la preparación de breas modificadas están encaminadas a alterar la configuración de la doble ligadura de los ácidos tipo abiético. Por ello para mayor claridad, se procederá a la descripción de las mismas en los ácidos del tipo abiético.

### 1.- Reacciones de las dobles ligaduras

#### a) Isomerización

Esta reacción se lleva a cabo con la aplicación de calor alrededor de los 150°C y una solución de un ácido fuerte. Los ácidos abiéticos, principales componentes de la colofonia, se transforman en ácido levopimárico. La reacción es la siguiente:



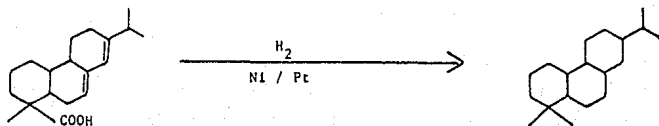
#### b) Hidrogenación

La hidrogenación es uno de los mejores métodos para reducir la susceptibilidad de la brea a la oxidación por el aire.

La hidrogenación de la brea se lleva a cabo a condiciones más drásticas que las empleadas para hidrogenar olefinas sencillas, esto se debe principalmente a la estructura de los ácidos resinicos.

Esta reacción se lleva a cabo con catalizadores metálicos como el níquel y platino a 250°C y 125 atmósferas de presión durante un tiempo de 5 a 7 horas, para asegurar un alto grado de hidrogenación de los dobles enlaces para el caso de los ácidos del tipo abiético.

La reacción es la siguiente:



### c) Desproporcionamiento

La reacción de desproporcionamiento consiste en sacar dos átomos de hidrógeno de los ácidos tipo abiético y un rearrreglo del sistema de doble enlace, para formar núcleos aromáticos con la producción de ácido dehidroabiético. Parte del hidrógeno removido se absorbe por los ácidos tipo pimáricos presentes en la brea para dar lugar a ácidos dehidropimáricos. La reacción se efectúa con ácidos minerales y a una temperatura de aproximadamente 270°C y catalizadores de yodo, azufre ó selenio.

El grado de desproporción se sigue por medio de espectroscopía ultravioleta. A medida que progresa la reacción la curva característica de absorción ultravioleta del ácido abiético desaparece, en cambio aparece la del ácido dehidroabiético.

La reacción es como sigue:



La composición típica de la brea desproporcionada es la siguiente:

|   |             |
|---|-------------|
| Acido abiético                                    | 1% (máx)    |
| Acido dehidroabiético                             | 50% (mín)   |
| Acido pimárico, sándaco-pimárico, dehidropimárico | 19% (aprox) |
| Acido dihidroabiético                             | 16% (aprox) |
| Acido tetrahidroabiético                          | 7% (aprox)  |
| Acido isopimárico, dihidropimárico                | 7% (aprox)  |

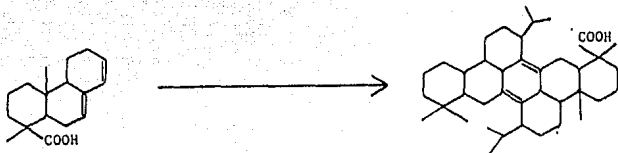
### d) Polimerización

La brea polimerizada se obtiene por la acción de haluros alquílicos o metálicos, o de ácidos inorgánicos sobre la brea, a temperatura ambiente, durante tiempo prolongado.

El resultado final de la reacción es la polimerización de una gran parte de los ácidos tipo abiético para la formación de dímeros heterogéneos.

Un aspecto de importancia es la desaparición de gran parte de los ácidos tipo abiético y el aumento en la fracción del ácido dimérico. Sin embargo, queda alrededor del 10% de los ácidos tipo abiético.

La reacción de polimerización es la siguiente:



## 2.- Reacciones del grupo carboxilo

Además de las reacciones del doble enlace, los ácidos resinosos experimentan las reacciones típicas del grupo carboxílico entre las más importantes se encuentran la formación de sales y la esterificación.

### a) Formación de sales

Las sales más comunes de ácidos resinosos son las de sodio, calcio y zinc.

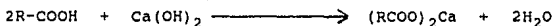
#### Resinato de sodio:

El resinato de sodio ó sal sódica de breá, es muy importante industrialmente, su principal uso de esta sal es como encolante en la industria del papel. Esta reacción se describirá más detalladamente dentro de este capítulo.

#### Resinato de calcio:

Es una sal que se obtiene a partir de breá polimerizada con hidróxido de calcio, se usa principalmente en adhesivos y tintas para imprenta.

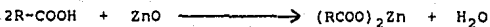
La reacción es la siguiente:



#### Resinato de Zinc:

En su preparación se utiliza breá polimerizada y óxido de zinc, se usa principalmente como agente tackificante en adhesivos termofusibles y en barnices.

La reacción es la siguiente:



## b) Esterificación:

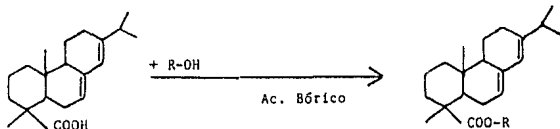
En esta reacción se pueden utilizar tanto monoalcoholes como polialcoholes para obtener una amplia gama de propiedades físicas.

Los alcoholes que más se utilizan en la esterificación de la brea son pentaeritritol, glicerina y etilen glicol.

El procedimiento en general consiste en calentar la brea a una temperatura de 250 a 270°C en presencia de ácido bórico, añadiendo el alcohol una vez que la brea está fundida. El alcohol sin reaccionar se elimina calentando el ester a 300°C y a presión reducida.

La principal diferencia entre los ésteres formados a partir de monoalcoholes y polialcoholes es el punto de fusión, ya que para los ésteres de monoalcoholes es más bajo que para los otros.

La reacción general es la siguiente:



donde R-OH representa al alcohol.

## V.- Reacciones involucradas en la obtención de encolantes

En la formación de los encolantes intervienen tres reacciones: isomerización, formación del aducto y formación de la sal de sodio.

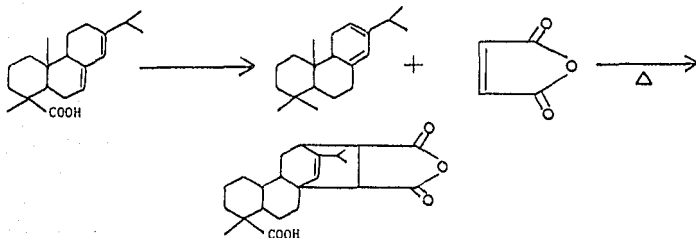
La isomerización es el primer paso en la obtención del encolante y como ya se mencionó consiste en la obtención del ácido levopimárico.

En la formación del aducto, el ácido levopimárico en virtud de su configuración de doble ligadura conjugada en un anillo, reacciona con anhídrido maléico a una temperatura de más de 150°C en ausencia de ácido mineral para dar lugar al aducto de Diels-Alder.

Si se tratara a la brea directamente con el anhídrido maléico bajo las mismas condiciones, ni el ácido abiético ni el neoabiético

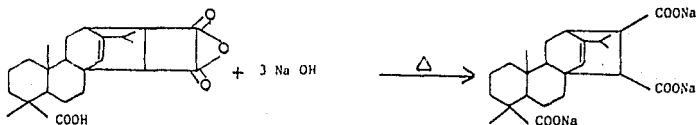
reaccionarían. Pero si se agrega el anhídrido maléico a una mezcla de reacción, esta se produce de inmediato.

La reacción es la siguiente:

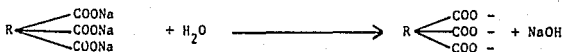


Este producto también recibe el nombre de brea reforzada, ya que cuenta con tres sitios activos donde puede reaccionar con otros compuestos como son sales, óxidos y alcoholes, tiene una mayor polaridad y un poder de absorción de oxígeno muy escaso.

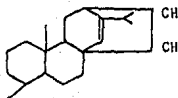
La saponificación del aducto de brea-maléico para formar la sal de sodio se logra mediante la reacción con sosa cáustica a una temperatura de aproximadamente 150 a 160°C y a una atmósfera de presión.



Los tres grupos carboxilo saponificados por disociación en agua dan tres grupos ácidos libres que aumentan fuertemente el carácter electronegativo de la molécula.



donde R de aquí en lo sucesivo será:



## VI.- Encolantes de brea de pino

Un encolante se puede definir como un producto químico con características hidrofóbicas que aumenta la resistencia del papel a la penetración de los líquidos.

Una etapa muy importante en la fabricación del papel es el encolado, que es el proceso en el cual el encolante se deposita en las fibras de celulosa que forman la hoja de papel.

Existen dos tipos de encolado:

### a) Encolado interno

Es el que se logra por medio de aditivos químicos en la pulpa y que le proporciona al papel una cierta resistencia a la penetración de los líquidos, reduciendo la humectabilidad de la fibra.

### b) Encolado superficial

Es aquel en el cual el papel es cubierto superficialmente con sustancias tales como almidones, gomas, polímeros sintéticos, a fin de fijar las fibras finas sobre su superficie y mejorar sus propiedades, con lo que se reduce la humectabilidad de la fibra y el radio de poro, dificultando más aun la penetración de los líquidos.

## Encolantes de brea

Los encolantes de brea son el resultado de la saponificación de brea reforzada con un alcali, generalmente hidróxido de sodio. Es un material soluble en agua, el cual se puede encontrar en dos formas: sólida ó en solución.



## VII.- Fabricación de encolante de brea

### Encolante sólido

La reacción de la brea reforzada con la sosa se puede llevar a cabo a presión atmosférica y a una temperatura de 150°C con una buena agitación. Si la reacción ocasiona gran cantidad de espuma, se deberá enfriar con agua, con esto la mezcla llega rápidamente a homogenizarse. La reacción termina cuando la mezcla es completamente homogénea y semi-transparente.

La materia prima necesaria en la fabricación de este producto es:

Brea de pino reforzada  
Sosa cáustica al 50%  
Cloruro de sodio  
Agua

Para llevar a cabo la reacción se debe hacer una solución previa de cloruro de sodio y se introduce al reactor a 80-85°C y simultáneamente, proveniente de otro tanque, se vacía la resina y la sosa a una temperatura de entre 150 y 160°C. Se deben regular ambos flujos, para lograr que los tanques se vacíen al mismo tiempo.

Se deberán tomar muestras del producto a lo largo de la reacción, para tener una idea más clara del curso de ésta y si es necesario hacer modificaciones al proceso. La reacción se suspende cuando se alcanzan las especificaciones requeridas.

Una vez terminada la reacción, el producto pasa a la etapa de secado, donde se elimina el excedente de agua, ya que en este punto el encolante tiene un porcentaje de sólidos de aproximadamente 70%.

En la etapa de secado el encolante se introduce a una mezcladora, la cual recibe el calor necesario para elevar la temperatura del producto hasta aproximadamente 110°C y alcanzar un porcentaje de sólidos de entre 96 y 98%. Posteriormente, el material se descarga a una banda transportadora y finalmente a un molino donde se le da el tamaño de partícula adecuado para una fácil disolución al momento de usarse.

### Encolante líquido

Para la obtención del encolante líquido se toma el producto del proceso anterior y se deposita en tanques agitadores y se agrega agua en una cantidad tal para alcanzar el porcentaje de sólidos deseados. Por lo general, este material se maneja al 50% de sólidos.

Para una más fácil operación, el tanque agitador cuenta con un sistema de calefacción con vapor de agua que se introduce al tanque y ayuda en gran medida a la dilución del material. La

temperatura ideal para esta operación está en el rango de entre los 40 y 50°C. Cabe mencionar que este sistema de calefacción es opcional y solo es para reducir en gran medida el tiempo de agitación.

#### VIII.- Propiedades físicas y químicas de los encolantes a base de brea de pino

Las propiedades de los encolantes van a variar dependiendo de las propiedades de la materia prima que se utilice en su fabricación, muy en particular del tipo de brea que se emplee.

La siguiente tabla muestra los métodos más usados para el análisis de encolantes, así como los valores típicos de un encolante comercial como son el Resicol DH-6E (encolante sólido) y el Resicol DH-3R (encolante líquido) producidos por Resinas Sintéticas S.A. de C.V.

| Propiedad                       | Resicol DH-6E | Resicol DH-3R |
|---------------------------------|---------------|---------------|
| pH                              | 9 - 10.5(1)   | 9 - 10        |
| Contenido de sosa libre         | 0.4% máx      | 0.4% máx      |
| Contenido de sosa combinada     | 12.5 mín      | 12.5 mín      |
| Contenido de ác. abiético libre | 0.6% máx      | 0.6% máx      |
| Color                           | 10(2)         | 16            |
| Contenido de humedad            | 4% máx        | ---           |
| Viscosidad                      | ---           | 4 max(3)      |

#### Notas:

- 1.- El producto se disuelve al 3% en agua destilada
- 2.- El producto se disuelve al 10% en agua a 50°C
- 3.- Viscosidad Gardner a 25°C

#### IX.- Manejo del Encolante

Para la aplicación, el encolante sólido requiere de una dilución previa a su uso a concentraciones que van del 5 al 15% dependiendo de las necesidades de cada fabricante. Por lo general la disolución se realiza a temperaturas de entre 40 y 50°C con la finalidad de hacer más fácil esta operación.

Los encolantes sólidos se utilizan en aquellas fábricas de papel donde no se tienen los recursos de almacenamiento de encolante líquido y son de una gran utilidad en todas las fábricas productoras

de papel, independientemente del tipo de encolante que utilicen, pues se puede almacenar muy fácilmente, siempre y cuando el lugar destinado para su almacenaje esté libre de humedad, ya que de lo contrario esta humedad se absorbería muy fácilmente y el manejo del material se dificultaría en forma notable.

En el caso de los encolantes líquidos, estos se venden en solución al 50%, por lo general almacenados en tambores, aunque en algunas fábricas de papel existen tanques para su almacenamiento. Este producto en contra del encolante sólido tiene un tiempo de almacén muy prolongado, por lo cual se utiliza como stock en algunas plantas.

Los encolante líquidos pueden aplicarse directamente al molino de papel sin necesidad de una dilución previa.

Estos encolantes tienen la desventaja con respecto al sólido, de que los costos de transporte son elevados y no todo lo que se está transportando es encolante como tal.

#### X.- Mecanismo de encolado interno en sistema ácido

En el sistema ácido, el encolado consta de cuatro pasos principales:

##### 1.- Retención del encolante

Esta etapa se puede considerar como la más importante dentro del mecanismo de encolado, ya que es donde se lleva a cabo la reacción entre el encolante y el sulfato de aluminio para formar el resinato de aluminio, que es un precipitado insoluble, y es el que se fija a la fibra celulósica. Debido a la importancia de este paso, se describirá más a detalle en las siguientes líneas.

El mecanismo de encolado utilizando encolantes de brea en condiciones normales involucra la reacción del resinato de sodio con sulfato de aluminio para formar un precipitado insoluble. Este precipitado se va a fijar a las fibras de celulosa mediante fuerzas electrostáticas.

El proceso de encolado involucra la adición por separado del sulfato de aluminio y el encolante de brea a la pulpa. Por lo general el encolante de brea es la especie química que se agrega primero. Se debe tener cuidado con los puntos de adición, pues debe existir un espacio tanto en tiempo como en distancia entre una sustancia y otra, esto es con el fin de asegurar una distribución uniforme del encolante en la fibra.

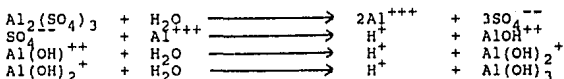
El sulfato de aluminio tiene dos funciones en el proceso de encolado, la primera es proveer al sistema de iones aluminio para la

precipitación del encolante y la segunda, proporcionar el pH necesario para provocar la precipitación del compuesto encolante-alumbre.

El pH ideal para llevar a cabo la reacción de precipitación es de 4.0 a 5.5, en este rango, la especie predominante es el  $Al^{+3}$ , que va a ser el ión que reaccionan con el encolante de brea.

#### Reacciones del sulfato de aluminio

Las reacciones que sufre el sulfato de aluminio al diluirlo en agua son las siguientes:



Haciendo la reacción condensada tenemos:



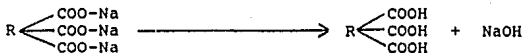
Las reacciones anteriores nos muestran la disociación del sulfato de aluminio para formar iones  $Al^{+3}$  e iones  $H^+$ . Los iones  $Al^{+3}$  se combinan con el agua para formar hidróxido de aluminio que va a reaccionar con el encolante de brea para formar el precipitado y los iones  $H^+$  reaccionan con los iones  $SO_4^{--2}$  para producir ácido sulfúrico, compuesto que va a modificar las condiciones de pH del sistema.

La cantidad de sulfato de aluminio que se debe añadir a la máquina productora de papel depende de los siguientes factores.

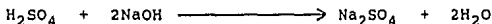
- El sulfato de aluminio debe estar presente en una cantidad suficiente para bajar el pH del sistema hasta un valor comprendido entre 4.0 y 5.0.
- Si el encolado del papel se hace en aguas duras, parte del sulfato de aluminio se consume en eliminar parcialmente esta dureza.
- La cantidad de encolante que se utilice.

#### Formación del precipitado encolante-alumbre

Se puede decir que la formación del precipitado comienza con la disolución del encolante, ya que se hidroliza aumentando su capacidad de reacción:

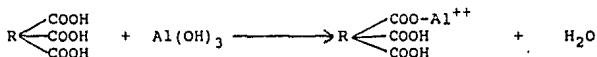


Por otro lado, de la reacción de solubilidad del sulfato de aluminio se tienen como productos ácido sulfúrico e hidróxido de aluminio. El ácido sulfúrico reacciona con el hidróxido de sodio que resulta de la hidrólisis del encolante de brea para formar sulfato de sodio y agua como se muestra en la siguiente ecuación:



El sulfato de sodio resultante queda soluble en el agua de proceso en la máquina de papel.

De la hidrólisis del encolante de brea y del sulfato de aluminio tenemos ácido abiético e hidróxido de aluminio, que van a formar el precipitado encolante alumbre.



El resinato de aluminio formado es un compuesto insoluble en agua y con un fuerte carácter positivo.

Las fibras celulósicas en suspensión tienen un fuerte carácter negativo, lo que va a ocasionar que el compuesto encolante-alumbre quede fijo a las fibras por medio de una unión electrostática, siendo esto lo que se conoce como mecanismo de retención.

Para una buena retención es muy importante una distribución uniforme tanto del encolante como del sulfato de aluminio en toda la fibra de papel.

Algunas especies químicas como el calcio y el magnesio, afectan la formación del precipitado, ya que forman otros compuestos insolubles que compiten con el resinato de aluminio ocasionando aglomerados que bajan la eficiencia del encolado.

## 2.- Distribución

La distribución del encolante y del sulfato están sujetas a varios factores como son: las condiciones del proceso, puntos de aplicación, pH y cargas.

Se puede decir que la distribución es la etapa en la cual el precipitado encolante-alumbre, se extiende por toda la fibra de papel de una manera casi uniforme.

La distribución del resinato de aluminio es de suma importancia, ya que si ésta no es adecuada, el producto final tendrá muchas variaciones en cuanto a los niveles de encolado.

### 3.- Orientación de grupos hidrofóbicos

Los ácidos resinosos son moléculas anfipáticas por lo que el grupo hidrofóbico se orienta lejos de la superficie de la fibra, con lo cual baja la energía libre superficial y el encolado se maximiza.

### 4.- Anclaje de las partículas del precipitado en la fibra

El anclaje del precipitado en la fibra es el resultado de la combinación de los tres puntos anteriores. Se puede decir que el anclaje es la unión permanente del precipitado encolante-alumbre y las fibras de papel.

## **XI.- Factores que afectan el encolado**

Los factores que afectan el encolado son: la cantidad de encolante y sulfato de aluminio, el tipo de pulpa, el pH, la acidez total, la refinación de la pasta, la dureza de las aguas, las cargas y la temperatura del secador.

### **a) Cantidad de encolante y sulfato**

La cantidad de encolante que se debe usar, viene determinada por el nivel de encolado que se desea, así como del tipo de pulpa que se utiliza.

Por otra parte debe controlarse la cantidad de sulfato de aluminio por la tendencia que tiene a formar hidróxido de aluminio, que compite con el precipitado encolante-alumbre para fijarse en la fibra ocasionando mala eficiencia en el encolado.

### **b) Tipo de pulpa**

El tipo de pulpa que se va a encolar puede ser un factor determinante en la eficiencia del encolado. Pulpas blanqueadas y mal lavadas son difíciles de encolar, pulpas con alto contenido de alfa-celulosa presentan el mismo problema. Las pulpas Kraft presentan una gran facilidad para ser encoladas, y solo con pequeñas cantidades de encolante se obtienen altas eficiencias en el encolado.

### **c) Efecto del pH**

El pH promedio y más adecuado para la precipitación se encuentra entre 4.0 y 5.5, sin embargo, en algunas ocasiones se requieren pH ligeramente más bajos o más altos que los límites antes

mencionandos, dependiendo de las condiciones en que trabaje la máquina o el sistema en general.

Algunos de los problemas que se presentan al trabajar con pH diferente al rango mencionado son: gran tendencia a formar espuma, se tiene gran cantidad de ácidos resínicos libres, así como iones aluminio, que van a originar una baja en la eficiencia del encolado.

#### d) Acidez Total

La acidez total es una medida indirecta de la cantidad de ión aluminio presente en el sistema. La determinación de esta propiedad se utiliza para predecir variaciones en el pH y con esto tomar las medidas necesarias para una rápida modificación en el suministro tanto de encolante como de sulfato de aluminio para tener buenos niveles de encolado. Por ejemplo en sistemas de baja alcalinidad, el pH cae rápidamente con pequeñas adiciones de sulfato de aluminio, mientras que en sistemas de alta alcalinidad el pH baja lentamente debido a que los iones hidrógeno formados por la adición de alumbre reaccionan con la alcalinidad presente.

#### e) Refinación de la pasta

El encolado se ve afectado significativamente, si se llega a utilizar el encolante antes de la refinación, ya que este proceso abre nuevas áreas en la pulpa, lo que origina que el nivel de encolado baje o en su defecto se debe utilizar más encolante y más sulfato de aluminio para mantener el nivel requerido.

Un nivel moderado de refinación aumenta la eficiencia del encolado, ya que se mejora la formación de la hoja, lo contrario sucede en altos niveles de refinación, que hidratan la pulpa en exceso, aumentando también su área.

#### f) Dureza de las aguas

La dureza de las aguas tiene un efecto negativo en el encolado, debido a que el calcio y magnesio reaccionan con el encolante, formando sales insolubles que no presentan las características del precipitado encolante-alumbre.

#### g) Cargas

Las cargas afectan el encolado en la medida que se forman sales con ácido abietico que interfieren el proceso de encolado. El carbonato de calcio es una carga de un uso muy amplio en la industria papelera, pero se debe utilizar con mucho cuidado para evitar los problemas citados.

#### h) Temperatura de secado

La temperatura de los secadores debe estar muy controlada para evitar choques térmicos sobre la hoja, ya que un cambio repentino de temperatura origina que el precipitado se fracture y la eficiencia del encolado baje.

### **XII.- Recomendaciones generales para la optimización del proceso de encolado**

- 1.- Las soluciones de los encolantes deberán hacerse a bajas concentraciones, generalmente se recomiendan concentraciones entre 5 y 10%.
- 2.- Hacer las soluciones de encolante ayudados de un elemento térmico que permita elevar la temperatura del agua entre 40 y 50°C.
- 3.- Establecer un control riguroso y continuo del pH en diferentes puntos como son: antes de la adición del encolante y antes y después de la adición del sulfato de aluminio.
- 4.- Si las condiciones de operación lo permiten, agregar el encolante después de la refinación.
- 5.- Conocer la composición del agua del proceso.
- 6.- Establecer un control sobre la acidez total del sistema
- 7.- Tener un buen control sobre las temperaturas de los secadores para evitar choques térmicos.



## DESARROLLO Y APLICACION EXPERIMENTAL DEL ENCOLANTE

### I.- Descripción

El procedimiento en general consiste en reaccionar una resina de brea, fortificada con ácido maléico, parcialmente saponificada y estabilizada, con polihidroxiclорuro de aluminio y agregando un fijador catiónico de aditivos para papel, así como una proteína de origen animal para lograr la emulsión.

Dicho encolante por su alto carácter catiónico reacciona directamente con la fibra de celulosa al entrar en contacto con ella en medio acuoso sin necesidad de ningún reactivo, permitiendo conseguir un encolado en la masa de manera instantánea a pH de alrededor de los 6.5 y 7.5, lo que permite trabajar con medio neutro y ligeramente alcalino en todo el circuito de la fabricación del papel y ofrece además la posibilidad de encolar papeles portadores de todo tipo de carga incluyendo carbonato de calcio.

Para llevar a cabo el desarrollo del encolante se contó con la siguiente materia prima.

- a) Brea reforzada con anhídrido maléico parcialmente saponificada con sosa.
- b) Polihidroxiclорuro de aluminio
- c) Caseína
- d) Fijador catiónico

El procedimiento que se siguió en la obtención del encolante fue el siguiente:

Se hace una solución al 5% de caseína y se agrega la brea reforzada a manera de lograr una emulsión estable, esto se hace con un agitador de alta velocidad para lograr una completa incorporación de ambas partes. En la siguiente etapa del proceso tiene lugar la reacción de la emulsión de resina fortificada y estable, obtenida de la fase anterior con polihidroxiclорuro de aluminio. Para esta etapa se manejaron cantidades iguales en peso de emulsión y de polihidroxiclорuro de aluminio.

La reacción se lleva a cabo a 1 atmósfera de presión y a temperatura ambiente en un reactor provisto de un agitador de alta velocidad y añadiéndose los reactivos muy lentamente, de modo que la emulsión del encolante y la caseína se cationicen por completo por complejos polinucleares de aluminio.

Una vez que se completa la reacción, se agrega el 0.5% de fijador en solución.

Los cálculos para la formulación son los siguientes:

Cantidad base de brea reforzada: 500 gramos

Cantidad de Caseína:  $500 \text{ g} * 5\% / 100\% = 25 \text{ gramos}$

Para una solución al 30%:  $525 \text{ g} * 100 / 30 = 1750 \text{ ml}$  de agua

Cantidad de polihidroxiclururo de aluminio: 525 gramos

Cantidad de fijador:  $1050 \text{ g} * 0.5\% / 100\% = 5.25 \text{ gramos}$

La solución resultante se diluye al 30%:  $300 \text{ g} * 1000 \text{ ml} / 1055.26 = 284.29 \text{ ml}$ .

## II.- Operaciones mecánicas

Para la aplicación del encolante, la pulpa tiene que pasar por las siguientes operaciones mecánicas:

- a) Desintegración
- b) Refinación
- c) Aplicación del encolante y agente de retención.
- d) Formación de la hoja
- e) Prensado
- f) Secado
- g) Curado

A continuación se dará una descripción del equipo empleado para cada una de las etapas, así como de su forma de uso.

El equipo que se utilizó es el equipo Valley compuesto por:

### a) Desintegradora

Está formada por un recipiente cilíndrico provisto de cuatro baffles en espiral equidistantes uno del otro, el último baffle está a 32 milímetros del fondo, mientras que el primero está a 57 milímetros del borde del recipiente, cada baffle atraviesa la mitad de la circunferencia del cilindro (Fig. 1)

Cuenta con una hélice de tres aspas montada en una varilla vertical colocada en el centro del recipiente. La velocidad de giro de la hélice depende del tipo de pulpa que se va a manejar.

La siguiente tabla nos muestra en conjunto las medidas estandar del desintegrador así como su tolerancia.

| Parte            | Dimensión (mm) | Tolerancia (mm) |
|------------------|----------------|-----------------|
| a) Recipiente:   |                |                 |
| Altura interna   | 191            | +/- 2.0         |
| Diámetro interno | 152            | +/- 2.0         |
| Radio del borde  | 13             |                 |

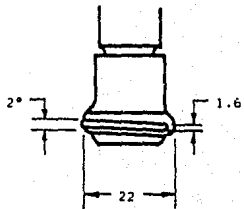
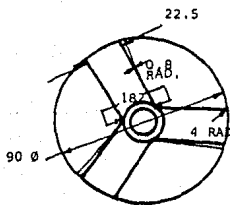
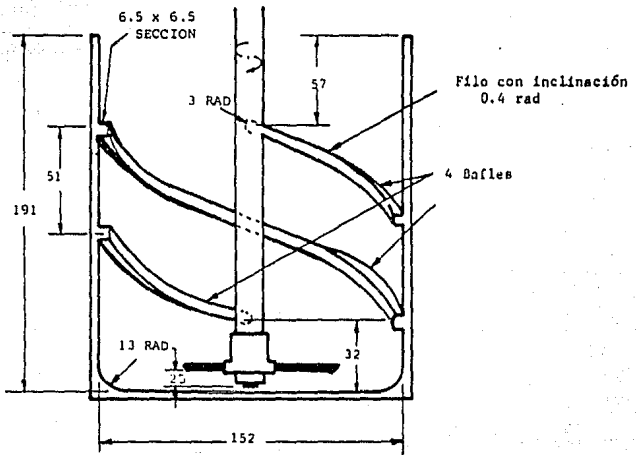


Fig. 1 Desintegrador

b) Baffles:

|                                     |     |         |
|-------------------------------------|-----|---------|
| Sección cuadrada                    | 6.5 | +/- 1.0 |
| Altura desde la base del recipiente | 32  | +/- 1.0 |
| Distancia al borde del recipiente   | 57  | +/- 1.0 |
| Separación entre baffles            | 51  | +/- 1.0 |

c) Hélice:

|   |    |         |
|---|----|---------|
| Diámetro  | 90 | +/- 1.0 |
| Diámetro de la varilla                          | 22 | +/- 0.3 |
| Distancia de la base del recipiente a la hélice | 25 | +/- 2.0 |

d) Aspas:

|                               |      |         |
|-------------------------------|------|---------|
| Ancho en la base de la hélice | 18.2 | +/- 0.3 |
| Ancho al final de la hélice   | 22.5 | +/- 0.3 |
| Espesor                       | 1.6  | +/- 0.3 |

b) Refinadora

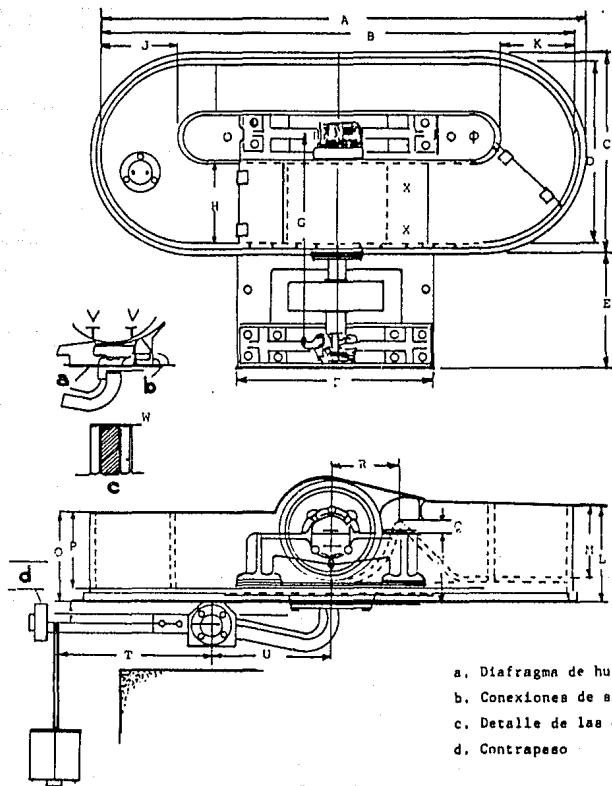
La refinadora es del tipo Niágara de 1.5 libras (0.7 kilogramos). Consta de una base y un rodillo de acero inoxidable. El rodillo tiene insertados 32 láminas impulsoras que dan un total de 193.8 mm de diámetro. El ancho de cada lámina es de 4.8 mm mientras que la longitud del rodillo es de 152.4 mm

El conjunto de cuchillas de la base son un grupo de 7 barras, cada una de 3.2 mm de ancho y espaciadas una de otra 2.4 mm, dobladas en forma de "V", colocadas con el vértice de la cuchilla apuntando en la misma dirección que el movimiento de la fibra y colocadas sobre el plato de la refinadora. La longitud proyectada de las cuchillas es de 158.7 mm, mientras que el ancho es de 42.8 mm.

Cuenta con un brazo de palanca con el cual se ejerce una fuerza al rodillo en el momento de la refinación. Para llevar a efecto esto, se coloca un peso de 5,500 gramos al final de la palanca.

La palanca va unida al cuerpo de la refinadora mediante un diafragma de 1.6 mm de hule.

El rodillo se mueve a una velocidad de 500 +/- 10 rpm por medio de una banda que le comunica la potencia de un motorreductor de 1 hp y 1200 rpm (Fig. 2).



- a. Diafragma de hule
- b. Conexiones de salida de agua
- c. Detalle de las cuchillas
- d. Contrapeso

Dimensiones en mm

| A     | B     | C     | D     | E     | F     | G     | H     | I     | J     | K     | L     | M    |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|------|
| 952.5 | 914.4 | 406.4 | 368.3 | 234.9 | 381.0 | 431.8 | 155.1 | 101.6 | 146.1 | 146.1 | 209.6 | 81.0 |
|       |       | N     | O     | P     | Q     | R     | S     | T     | U     | V     | W     | X    |
|       |       | 136.5 | 185.7 | 154.0 | 28.6  | 128.6 | 44.5  | 431.8 | 228.6 | 4.8   | 3.2   | 6.4  |

Fig. 2 Refinadora

### c) Formador de hojas

La parte principal de la formadora lo constituye la base (B) conectada por un tubo de desagüe (P) y una válvula (G) al plato formador de hojas; y un recipiente cilíndrico (A) el cual está provisto de una bisagra que une al cilindro con la base y que permite abrir y cerrar la formadora.

El formador de hojas está compuesto de una tubería de bronce (J) que se utiliza en caso de derrames de agua.

El plato formador de hojas descansa sobre un embudo empotrado en la base y que va conectado directamente a un pozo de desagüe; este es un cilindro (D) que cuenta con un orificio de salida en el costado o si se prefiere puede ir en la base. Dentro del embudo se coloca un baffle de bronce de 1.6 mm (L). La función de esta baffle es evitar turbulencias en el embudo y sirve de soporte a un disco cuyo papel dentro de la máquina formadora es distribuir uniformemente la succión.

En la parte final del tubo de desagüe va colocado un recipiente perforado (K) que deberá ir dentro del pozo de desagüe. Es en este punto donde se realiza la succión para el desagüe de agua. La distancia promedio entre el plato formador y el recipiente de desagüe es de 800 mm.

La figura número 3 nos muestra de manera muy clara la formadora.

El siguiente cuadro nos muestra las medidas estandar del formador y sus tolerancias.

| Parte                     | Dimensión (mm) | Tolerancia (mm) |
|---------------------------|----------------|-----------------|
| a) Plato formador:        |                |                 |
| Diámetro del disco        | 246            | +/- 0.01        |
| Ancho de la malla         | 9.4            | +/- 0.1         |
| Diámetro de los orificios | 0.067-0.071    | +/- 0.01        |
| b) Recipiente cilíndrico: |                |                 |
| Espesor                   | 4.7            | +/- 0.01        |
| Altura                    | 400            | +/- 1.0         |
| Diámetro interno          | 248            | +/- 0.01        |
| c) Láminas de bronce:     |                |                 |
| Diámetro                  | 245            | +/- 0.1         |
| Espesor                   | 0.79           | +/- 0.1         |

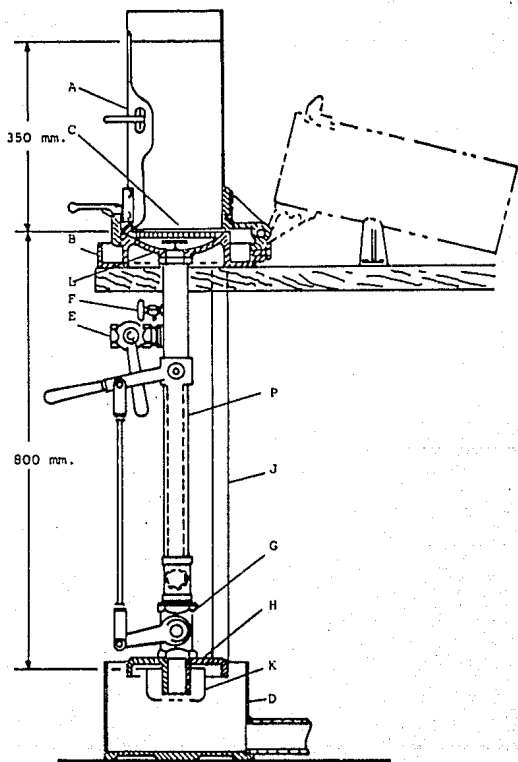


Fig. 3. Formador de Hojas

d) Agitador Perforado:

|                       |     |         |
|-----------------------|-----|---------|
| Diámetro              | 155 | +/- 0.1 |
| Diámetro de orificios | 11  | +/- 0.1 |

e) Rodillo de bronce:

|          |       |         |
|----------|-------|---------|
| Diámetro | 102   | +/- 0.1 |
| Longitud | 178   | +/- 0.1 |
| Peso     | 13 kg | 50 g    |

d) Prensa

Formada por una cubierta (A) de aluminio y una base (B) de acero, con una plancha de bronce (C) de 175 mm de diámetro. La cubierta está provista de una agarradera, la cubierta se fija a la base mediante 4 pernos de 25 mm de diámetro y 4 tuercas.

La base lleva empotrado un diafragma de hule (D) unido a esta por medio de un anillo. Sobre el diafragma, se coloca una plancha plana (E) de 175 mm de diámetro, que está suelta y para evitar desplazamientos laterales se colocan cuatro guías (F) por donde esta plancha sube y baja.

La prensa opera con glicerina que se suministra por medio de una bomba manual. La presión de la prensa se registra en un manómetro que va conectado directamente a ésta.

La figura 4 corresponde al diagrama de la prensa.

e) Secador

Está compuesto por dos placas que contienen un termostato para regular la temperatura de secado que va a depender del gramaje de la hoja y del tiempo de secado.

f) Horno

Se utiliza para el curado de las hojas formadas a una temperatura constante de alrededor de 120 a 130°C.

### III.- Procedimiento

El procedimiento que se siguió fue el siguiente:

#### 1.- Desintegración

1.1.- Se pesa una cantidad de muestra con la formulación deseada y se depositan en la batidora, se agregan 2 litros de agua para lograr una consistencia de entre el 1 y 10% según se requiera. Se enciende la batidora y se deja en operación 25 minutos a 3000 rpm.



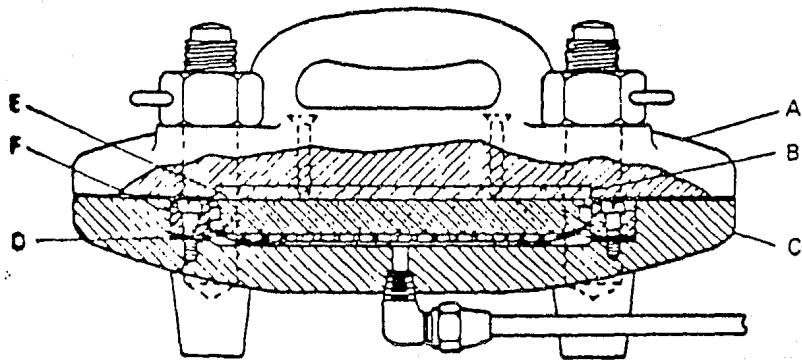


Fig. 4 Prensas

1.2.- Se llena la refinadora con agua (23 litros) a una temperatura de 23 +/-2½C y se ajusta el brazo de manera que la base de la refinadora esté haciendo contacto con el rodillo.

1.3.- Agregar poco a poco la pulpa y ajustar la temperatura de la mezcla a 23 +/-2°C.

1.4.- Comenzar con una segunda fase de desintegración de la pulpa en la refinadora. Normalmente la pulpa que contiene un porcentaje de 20% ó más de material seco necesita de 30 minutos aproximadamente de operación para lograr un tamaño de fibra uniforme, mientras que pulpas con un porcentaje menor al 20% necesitan de 15 minutos de operación.

## 2.- Refinación

2.1.- Para la refinación se coloca un peso de 5,500 gramos en el extremo del brazo de la refinadora y se comienza con la refinación.

2.2.- Se toman muestras del volumen que contenga la cantidad de fibra necesaria para formar las hojas del gramaje requerido a intervalos de tiempo que dependen del tipo de pulpa que se esté utilizando. El siguiente cuadro muestra los intervalos a los que se debe extraer la muestra.

|   | Tiempo (min) |    |    |    |    |
|---|--------------|----|----|----|----|
| Pasta blanca al sulfito                     | 5            | 10 | 15 | 20 | 30 |
| Pasta alcalina                              | 5            | 10 | 15 | 20 | 30 |
| Pasta de coníferas sin blanquear al sulfito | 5            | 15 | 30 | 45 | 60 |
| Pasta de coníferas blanqueada alcalina      | 5            | 15 | 30 | 45 | 60 |
| Pasta de coníferas sin blanquear alcalina   | 5            | 15 | 30 | 60 | 90 |
| Otras pastas fuertes                        | 5            | 15 | 30 | 60 | 90 |

2.3.- Si se desconoce el tipo de pasta con el que se está trabajando, se deberá muestrear cada 5 minutos dentro de la primera hora y cada 10 minutos los siguientes 30 minutos.

Nota: Antes de preparar la pulpa en la refinadora para la desintegración y refinado se deben tener muy en cuenta los siguientes aspectos:

a) Las navajas deben estar bien alineadas, y afiladas y en buen estado.

b) El rodillo debe estar muy bien apoyado en la base de la refinadora.

c) Los alabes del rodillo deben estar colocados en la forma correcta, evitando utilizar alabes doblados o gastados, ya que de lo contrario, no se logrará una buena circulación de la pasta.

d) Tanto las navajas como los alabes del rodillo deben estar libres de rebabas, pues estas pueden pasar a la pulpa, lo que ocasionaría serios problemas en la formación de las hojas.

### 3.- Aplicación del encolante y agente de retención

3.1.- Las muestras de pulpa que se tomaron posterior a la refinación, se depositan en la formadora de hojas y se aplica directamente el encolante a diferentes concentraciones para determinar la funcionalidad de este, así como el agente de retención a una concentración constante.

### 4.- Formación de hojas

Para la formación de las hojas se necesita el siguiente equipo:

- Formador de hojas estandar de 159 mm de diámetro
- Rodillo estandar
- Prensa estandar con manómetro
- Discos de secado de 160 mm de diámetro
- Papel secante de 200 mm<sup>2</sup>
- Agitador perforado

4.1.- Con la formadora de hojas abierta, se abre la válvula de agua y se limpia la base de ésta con las manos para evitar que exista contaminación de otras fibras empleadas en ensayos anteriores. Se cierra la formadora y se llena con agua hasta la mitad. Se vacía la muestra de 400 ml. Se llena la formadora hasta que el nivel de agua alcance una altura de 350 mm sobre el nivel de la base.

4.2.- Se introduce el agitador, se sube y baja unas 5 veces, en estos movimientos se debe mantener el disco perforado del agitador siempre debajo del nivel del agua.

4.3.- Esperar unos segundos a que no exista movimiento del líquido, en este momento abrir la salida del agua y dejar que drene toda bajo la succión de la base.

4.4.- Inmediatamente después que ha drenado toda el agua abrir el cilindro para posteriormente sacar la hoja formada.

### 5.- Extracción y prensado de la hoja

5.1.- Se colocan dos piezas de papel secante sobre la hoja formada. Poner una lámina de bronce sobre el papel secante, colocar el rodillo sobre la lámina y moverlo hacia adelante y hacia atrás de 5 a 7 veces para que el papel secante absorba el exceso de agua contenido en la hoja formada.

5.2.- Retirar la lámina de bronce y levantar la hoja de papel secante de forma similar a como se cambian las páginas de un libro. La hoja formada aparecerá adherida en la parte inferior del papel secante. Inmediatamente después colocarla entre dos hojas nuevas de papel secante.

5.3.- Abrir la válvula del agua de la formadora y limpiar la base con las manos para continuar con la formación de nuevas hojas repitiendo el procedimiento. Por lo general se forman un total de 10 hojas para determinar sus propiedades y tener un valor confiable.

5.4.- Primera etapa de prensado. Cambiar la hoja de papel y las láminas de bronce en la prensa, elevar la presión a 50 psig y mantener este valor durante 5 minutos. Al término de este tiempo, bajar la presión.

5.5 Cambiar las hojas de papel secante y colocarlas de nuevo en la prensa, elevar la presión a 50 psig y mantenerla durante 2 minutos.

## 6.- Secado

6.1.- Sacar la muestra de la prensa y retirar las láminas, así como los dos papeles secantes y colocar la hoja formada que está adherida al papel secante original en el secador a una temperatura de entre 90 y 110°C durante 7 minutos.

6.2.- Sacar la muestra del secador y desprenderla del papel secante.

En este paso la hoja está lista para la determinación de sus propiedades físicas.

## 7.- Curado

En algunas ocasiones se determinan las propiedades físicas de las hojas con un tiempo de curado por temperatura. Este paso es opcional y se utiliza cuando se requiere conocer las variaciones en las propiedades físicas del papel tiempo después de su fabricación.

7.1.- Para el curado se introducen las hojas formadas a un horno a temperatura de entre 120 y 130°C durante 5 minutos. Una vez finalizado este tiempo se determinan sus propiedades y se comparan con las que se obtuvieron en las hojas que no se sometieron al curado.

Para facilitar este paso se recomienda dividir la hoja formada en dos partes iguales después del secado, una de ellas se somete a la etapa de curado, para posteriormente determinar sus propiedades. A la mitad restante se le aplican directamente las pruebas físicas.

## Desarrollo de aplicación

La aplicación del encolante se hizo siguiendo el método anterior bajo la siguiente formulación de pulpa:

|                  |     |
|------------------|-----|
| - Pulpa Kraft    | 35% |
| - Merma          | 35% |
| - Bagazo de caña | 30% |

### Productos químicos:

|  |          |
|--|----------|
| Carbonato de calcio                                      | 13%      |
| Relación agente de retención-tonelada de papel producida | 1 kg/ton |

Consistencia: 0.8%

La prueba que se realizó, consistió en probar el encolante a diferentes concentraciones, que van desde el 1.5 kilogramos de encolante por tonelada de papel producido, hasta 2.5 kilogramos de encolante por tonelada de papel producido, a intervalos de 0.1 kilogramos de encolante, manteniendo constantes los materiales restantes.

A las hojas de papel que se formaron se les aplicó la prueba de encolado de Hércules, la cual se explica a continuación:

El aparato que se empleó es el Hércules Sizing Tester KA. El principio básico de operación consiste en colocar tinta sobre la muestra de papel y una celda fotoeléctrica registra la reflectancia en el lado opuesto del papel mientras la tinta va penetrando. Cuando la reflectancia alcanza un nivel determinado se detiene el reloj que registra el tiempo de encolado. Los resultados son muy confiables, ya que el punto final está determinado automáticamente por la celda.

El procedimiento para la determinación del encolado fue el siguiente:

- 1.- Mantener encendido el aparato por lo menos 15 minutos antes de estabilizarlo.
- 2.- Colocar la muestra de papel en el anillo sujetador
- 3.- Colocar el anillo sujetador con la muestra sobre la lámpara que está en la parte superior del aparato.
- 4.- Cubrir la muestra con la lámina negra.
- 5.- Asegurarse que el interruptor esté en la posición "OFF" (posición central). Poner el reloj en ceros, presionando el botón colocado a la izquierda de este.
- 6.- Colocar el interruptor en la posición "CALIBRATE".
- 7.- Con la perilla "CALIBRATE" ajustar la aguja a una lectura de cero microamperes.
- 8.- Poner el interruptor en la posición "TEST" y volver a ajustar a cero microamperes con la perilla "CALIBRATE".
- 9.- Quitar la lámina del sujetador.
- 10.- Vaciar 10 ml. de tinta sobre el anillo y simultáneamente colocar

- el interruptor en la posición "AUTO".
- 11.- Colocar nuevamente la lámina sobre el anillo sujetador.
  - 12.- Cuando se haya terminado con la prueba, se escuchará una alarma y el reloj automáticamente se detendrá.
  - 13.- Para desconectar la alarma se debe colocar el interruptor en la posición "OFF".

Si se desea hacer varias pruebas se deberán repetir todos los pasos anteriores a partir del número 2.

El encolado se mide de acuerdo al tiempo que marca el reloj del aparato y se reporta en segundos.

En la formulación de papel con el que se va a trabajar deberá cumplir con 50 segundos de tiempo de encolado a 80% de reflectancia como mínimo.

Para determinar las cantidades tanto de fibra como de productos químicos para cumplir con las especificaciones, se realizaron los siguientes cálculos:

Para la prueba se prepararon 100 gramos base seca de fibra.

Se necesita conocer el porcentaje de humedad de cada uno de los componentes de la fibra. Para este efecto se pesan 10 gramos de fibra y se introducen 3 horas en la estufa a 120°C y se vuelven a pesar.

$$\begin{aligned} \% \text{ sequedad} &= \text{Peso muestra seca} / \text{Peso inicial} * 100 \\ \% \text{ humedad} &= 100 - \% \text{ Sequedad} \end{aligned}$$

Después de tres horas de secado se obtuvieron los siguientes pesos:

|        |            |
|--------|------------|
| Kraft  | 8 gramos   |
| Bagazo | 9.2 gramos |
| Merma  | 9.5 gramos |

Los porcentajes son los siguientes:

|        | % Sequedad | % Humedad |
|--------|------------|-----------|
| Kraft  | 80         | 20        |
| Bagazo | 92         | 8         |
| Merma  | 95         | 5.        |

Para calcular el peso base seca de cada uno de los componentes de la fibra se toma en cuenta la siguiente corrección:

$$\text{Peso (b.s.)} = 100 \text{ g} * \% \text{ Fibra} / \% \text{ Sequedad}$$

Cantidad de fibra necesaria:

|               |              |
|---------------|--------------|
| - Pulpa Kraft | 43.75 gramos |
| - Merma       | 36.84 gramos |
| - Bagazo      | 32.60 gramos |

Cantidad de carbonato de calcio 14.71 gramos

Para lograr una consistencia del 0.8%:

Consistencia= Peso de fibra seca / volumen total x 100

Volumen total= 127.9 g x 100 / 0.8 g/ml= 15,987.5 ml

Comprobación de la consistencia:

Se tomó una alícuota de 250 ml de la fibra refinada y se secó dando un peso de 2.02 g, lo que significa que en 1000 ml hay 8.08 gramos de fibra seca, siendo la consistencia de:

% Consistencia= 8.08 g / 1000 ml x 100 = 0.808%

Se deben formar hojas con un gramaje equivalentes a 60 g/m<sup>2</sup>. Por lo que se necesita conocer el área de la formadora:

Diámetro= 24.6 cm

Área= 475.3 cm<sup>2</sup>

Peso de la hoja= 475.3 cm<sup>2</sup> \* 60 g / 10,000 cm<sup>2</sup>  
= 2.85 gramos

Para determinar el volumen total para formar hojas de 2.85 gramos:

2.85 g x 1000 ml / 8.08 g = 352.72 = 353 ml

Cantidad de encolante:

2.85 g x 1500 g encolante / 1000000 g de papel= 0.004275  
g (B.S.)

Si el encolante está al 30% en peso:

0.004275 g x 100 ml / 30 g= 0.01425 ml de soln. al 30%

Para mayor facilidad en el manejo del encolante se diluyó al 0.3%:

V<sub>2</sub>= 0.3 g x 100 ml / 30 g= 1 ml de la soln. anterior que se lleva a un volumen de 100 mililitros.

La cantidad necesaria de encolante para lograr una relación de 1.5 kilogramos de encolante sobre tonelada de papel producida se calculó de la siguiente manera:

$0.004275 \text{ g} \times 100 / 0.3 \text{ g} = 1.425 \text{ ml}$  de la solución de encolante al 0.3%

Para las pruebas restantes:

| Cantidad de encolante<br>(Kg/Ton de papel) | Cantidad de encolante<br>base seca (gramos) | Cantidad de soln.<br>al 0.3% (ml) |
|--|---|-----------------------------------|
| 1.6  | 0.00456                                     | 1.52                              |
| 1.7  | 0.004845                                    | 1.615                             |
| 1.8  | 0.00513                                     | 1.71                              |
| 1.9  | 0.005415                                    | 1.805                             |
| 2.0  | 0.0057                                      | 1.9                               |
| 2.1  | 0.005985                                    | 1.995                             |
| 2.2  | 0.00627                                     | 2.09                              |
| 2.3  | 0.006555                                    | 2.185                             |
| 2.4  | 0.00684                                     | 2.28                              |
| 2.5  | 0.007125                                    | 2.375                             |

Cantidad de agente de retención:

$2.85 \text{ g} \times 1000 \text{ g}$  de agente de retención / Ton. de papel =  
0.00285 g de agente de retención.

Para facilitar la aplicación se hace una solución al 0.1%:

$0.00285 \text{ g}$  de agente de retención  $\times 1000 \text{ ml} / 1 \text{ g} =$   
2.85 ml de solución de agente de retención.

En resumen, la cantidad de fibra y productos químicos utilizados en cada etapa es la siguiente:

a) Desintegración:

|                       |         |
|-----------------------|---------|
| - Pulpa Kraft         | 43.75 g |
| - Merma               | 36.84 g |
| - Bagazo de caña      | 32.6 g  |
| - Carbonato de calcio | 14.71 g |
| - Agua                | 2000 ml |

b) Refinación:



Se utiliza la mezcla de fibra anterior y se diluye hasta 15.987 litros.

c) Formación:

Se toman muestras de 353 ml de la pulpa refinada a una consistencia del 0.808%.

Agente de retención 2.85 ml de la solución al 0.1%

El encolante se agrega en la cantidad que muestra la siguiente tabla:

| Cantidad de encolante<br>(kg/Ton de papel) | Cantidad de soln. de encolante<br>al 0.3% (mililitros) |
|--|--|
| 1.5  | 1.425  |
| 1.6  | 1.52   |
| 1.7  | 1.615  |
| 1.8  | 1.71   |
| 1.9  | 1.805  |
| 2.0  | 1.90   |
| 2.1  | 1.995  |
| 2.2  | 2.09   |
| 2.3  | 2.185  |
| 2.4  | 2.28   |
| 2.5  | 2.375  |

IV.- Resultados

Los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

Tabla I (hoja sin tiempo de curado).-

| Kg/Ton de papel | Tiempo de encolado<br>(segundos) | pH  |
|-----------------|----------------------------------|-----|
| 1.5             | 40                               | 7.1 |
| 1.6             | 42                               | 7.2 |
| 1.7             | 47                               | 7.1 |
| 1.8             | 52                               | 7.3 |
| 1.9             | 57                               | 6.9 |
| 2.0             | 65                               | 6.9 |
| 2.1             | 70                               | 7.0 |
| 2.2             | 79                               | 7.1 |
| 2.3             | 97                               | 7.2 |
| 2.4             | 111                              | 7.0 |
| 2.5             | 115                              | 7.1 |

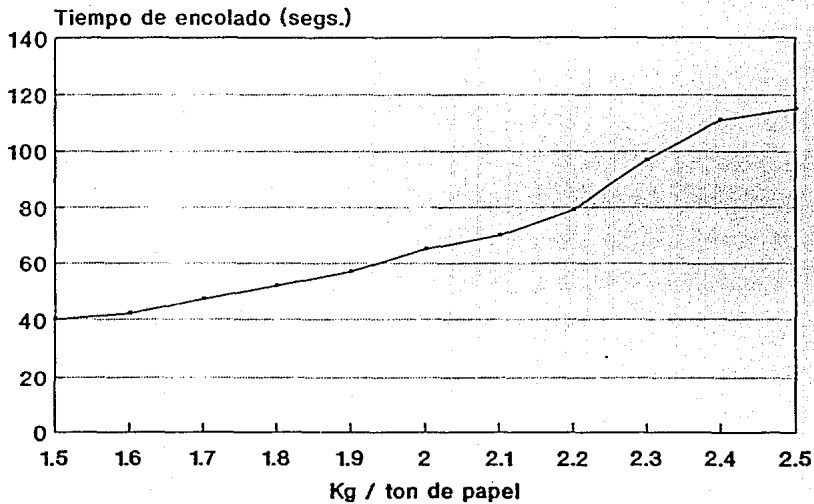
Tabla II (hoja con tiempo de curado).-

| Kg/Ton de papel | Tiempo de encolado<br>(segundos) | pH  |
|-----------------|----------------------------------|-----|
| 1.5             | 58                               | 7.1 |
| 1.6             | 73                               | 7.2 |
| 1.7             | 85                               | 7.1 |
| 1.8             | 92                               | 7.3 |
| 1.9             | 110                              | 6.9 |
| 2.0             | 115                              | 6.9 |
| 2.1             | 123                              | 7.0 |
| 2.2             | 135                              | 7.1 |
| 2.3             | 148                              | 7.2 |
| 2.4             | 160                              | 7.0 |
| 2.5             | 183                              | 7.1 |

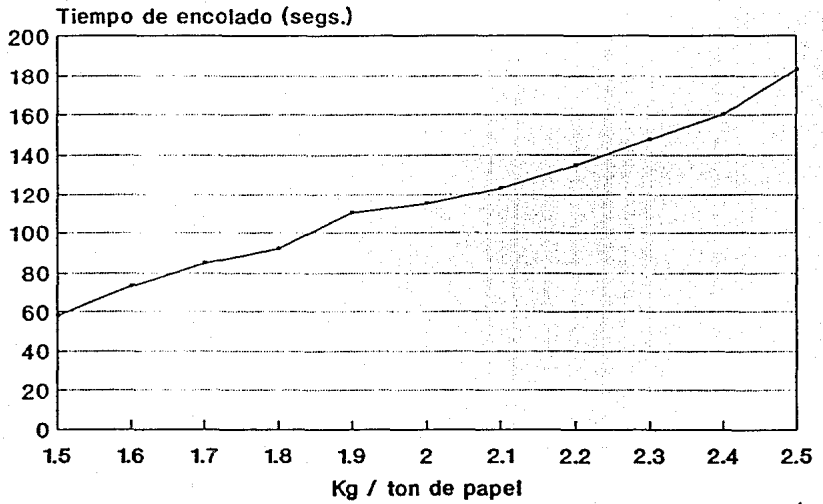
# GRAFICA 1

## ENCOLANTE A BASE DE BREA

### HOJA SIN TIEMPO DE CURADO



## GRAFICA 2 ENCOLANTE A BASE DE BREA HOJA CON TIEMPO DE CURADO



## ENCOLADO EN SISTEMA NEUTRO-ALCALINO CON ENCOLANTES ASA Y AKD

La tendencia actual en lo que a producción de papel se refiere, es el encolado neutro-alkalino, denominado así por el pH en la producción, el cual va de 6.5 a 7.5 generalmente. Para este propósito se conocen actualmente dos tipos de encolantes que son el encolante tipo ASA (alkenyl succinic anhydride) y el encolante tipo AKD (alkyl ketene dimer).

En los últimos años esta tendencia está aumentando en forma considerable, esto se debe a dos aspectos, a) la calidad del producto terminado y b) costos del papel, ya que un encolado de esta naturaleza permite un gran uso de cargas que proporcionan mejoras al papel y los costos del producto final son menores que los que se obtendrían con el encolado ácido.

### I.- Encolante tipo ASA

El encolante ASA es producto de la reacción de una olefina isomerizada y anhídrido maléico. La cadena principal del ASA cuenta con 18 átomos de carbono por lo general y es precisamente esta cadena la responsable de conseguir el encolado en el papel. La eficiencia del encolado va a aumentar conforme aumenta el número de carbonos en la cadena principal.

El encolante tipo ASA, es un líquido de baja viscosidad de color amarillento a café claro a temperatura ambiente. No es soluble en agua, por lo que para su aplicación se tiene que emulsificar con una solución de almidón catiónico para lograr una solución catiónica altamente reactiva. Este encolante se puede emulsificar solo con agua y algún agente emulsificable, pero existe el problema de la estabilidad en la emulsión particularmente cuando se utiliza agua con valores altos de dureza.

Las emulsiones de ASA se hacen normalmente con almidón en una relación de almidón:ASA del 2:1 hasta 4:1, siendo una emulsión típica aquella en la que se utilice de 2.5% de almidón catiónico y 1% de encolante tipo ASA.

En las fábricas productoras de papel, la emulsión se puede preparar de dos formas: a) de alto esfuerzo cortante y b) de bajo esfuerzo cortante. Ambas se pueden llevar a cabo de manera continua o por lote, dependiendo si la emulsión se alimenta directamente al papel o a un tanque de almacenamiento.

Para el método de alto esfuerzo cortante se utiliza una bomba y un circuito cerrado. El trabajo hecho por la bomba debe de ser tal que la caída de presión entre la succión y la descarga de la bomba sea de entre 120 y 140 psi. Para este tipo de emulsificación, el

encolante y el almidón se deben mezclar casi en la succión de la bomba.

En el segundo método se utiliza un agente tensoactivo para lograr un nivel de emulsificación alto, ya que en este método se emplea solo una tubería que es donde los tres productos se van a mezclar y el grado de mezcla que se logre va a depender de los perfiles de flujo existentes en la tubería. Una relación típica de almidón:ASA:tensoactivo es de aproximadamente 2.5:1:0.05.

Los aspectos que más hay que cuidar en el proceso de la emulsificación son la temperatura y el pH.

Para el caso de la temperatura, los valores ideales están en el rango de 50 y 55°C con lo cual se va a lograr una emulsificación completa en menos tiempo. Mientras que los valores de pH de la emulsión deben caer en el rango de 3.5 a 4.5.

El tamaño de partícula que se obtiene de una buena emulsión es generalmente de 0.3 a 0.5 micras. Si se da el caso de tener partículas más grandes, se corre el riesgo de romper la emulsión con lo cual bajaría la eficiencia del encolante, por lo que se puede decir que su eficiencia disminuye con el aumento del tamaño de partícula.

#### Aplicación de ASA

El encolante tipo ASA es un encolante de alta efectividad si se aplica apropiadamente. Este material tiene la ventaja de que se necesitan solo pequeñas cantidades para lograr buenos encolados y una sobre alimentación causaría problemas de tipo operacional en la producción de papel, tales como exceso de encolante depositado en la tela de la mesa de formación y picaduras en la sección de prensas principalmente. Para una buena aplicación del ASA se deben tomar en cuenta todos los aspectos mencionados en el capítulo III donde se encuentra la optimización del encolado.

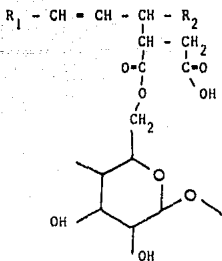
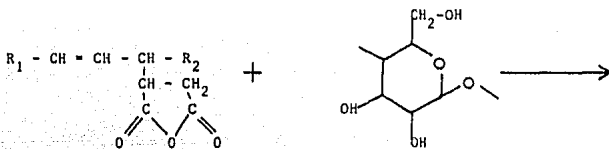
#### Punto de adición de la emulsión

La emulsión de ASA normalmente se agrega antes del punto de adición de los agentes de retención, existiendo varios puntos físicos entre la caja de máquina y la refinación. Se deben tener muy en cuenta que no existe un solo punto fijo de adición y la elección va a depender de algunos factores como la distribución de la planta y la agitación principalmente.

Se puede decir que un punto de aplicación general para el encolante ASA y cualquier clase de encolante es en la succión de la bomba fan, ya que en este punto el perfil de flujo de la pasta es muy turbulento, con lo que se logra una distribución más uniforme del producto en toda la pulpa.

Mecanismo de encolado con ASA

El mecanismo de encolado más aceptado para este encolante se basa en la siguiente reacción:



Como se puede observar el encolante ASA va a reaccionar con las diferentes moléculas de celulosa a pH que caen en el rango de 6.5 a 7.5, rango en el cual se tiene una mayor eficiencia. Por otra parte, como ya se mencionó, un punto de interés en lo que a eficiencia del producto se refiere, es la longitud de la cadena principal del encolante, siendo lo más eficiente cadenas de entre 15-18 átomos de carbono, con el menor número de ramificaciones posibles ya que esto le resta hidrofobicidad a la molécula.

## II.- Aplicación del encolante ASA para la prueba

Para la aplicación de este producto se siguieron los mismos pasos que para el encolante a base de brea en las mismas proporciones.

Los cálculos que se hicieron fueron los siguientes :

Se manejó al igual que el encolante a base de brea de pino una solución final al 0.3% de ASA para facilidad en la aplicación.

Cantidad de ASA : 1 ml

Cantidad de almidón : 10 g en 100 ml de agua  
Se toma una alicuota de 25 ml.

Concentración de la solución:  $1 \text{ ml} / 25 \text{ ml} \times 100 = 4\%$

Si se necesitan 0.004275 g de encolante :

$0.004275 \text{ g} \times 25 \text{ ml} / 1 \text{ ml} = 0.106875 \text{ ml}$  de solución

Para facilidad en el manejo se diluye al 0.3%

$V_2 = 0.3 \text{ g} \times 100 \text{ ml} / 4 \text{ g} = 7.5 \text{ ml}$  que se llevan a un volumen de 100 ml.

Para las pruebas restantes:

| Cantidad de encolante<br>(kg/ton de papel) | Cantidad de encolante<br>(gramos) | Cantidad de soln. de<br>encolante al 0.3% (ml) |
|--|-----------------------------------|--|
| 1.6  | 0.00456                           | 1.52   |
| 1.7  | 0.004845                          | 1.615  |
| 1.8  | 0.00513                           | 1.71   |
| 1.9  | 0.005415                          | 1.805  |
| 2.0  | 0.0057                            | 1.90   |
| 2.1  | 0.005985                          | 1.995  |
| 2.2  | 0.00627                           | 2.09   |
| 2.3  | 0.006555                          | 2.185  |
| 2.4  | 0.00684                           | 2.28   |
| 2.5  | 0.007125                          | 2.375  |

Agente de Retención

Se utilizó la misma cantidad empleada en la aplicación del encolante de brea: 2.85 ml., de solución de agente de retención al 0.1% lo que representa el 0.1% sobre el producto final.



### III.- Resultados

#### Tabla de Resultados:

Tabla 1.- (Hojas sin tiempo de curado)

| Cantidad de encolante<br>(Kg/ton de papel) | Tiempo de encolado<br>(segundos) | pH  |
|--|----------------------------------|-----|
| 1.5  | 43                               | 7.1 |
| 1.6  | 45                               | 7.2 |
| 1.7  | 51                               | 7.1 |
| 1.8  | 60                               | 6.9 |
| 1.9  | 63                               | 6.9 |
| 2.0  | 71                               | 7.1 |
| 2.1  | 85                               | 7.0 |
| 2.2  | 99                               | 7.1 |
| 2.3  | 105                              | 7.1 |
| 2.4  | 115                              | 7.0 |
| 2.5  | 142                              | 6.9 |

Tabla 2.- (Hojas con tiempo de curado)

| Cantidad de encolante<br>(Kg/ton de papel) | Tiempo de Encolado<br>(segundos) | pH  |
|--|----------------------------------|-----|
| 1.5  | 67                               | 7.1 |
| 1.6  | 82                               | 7.2 |
| 1.7  | 94                               | 7.1 |
| 1.8  | 117                              | 6.9 |
| 1.9  | 135                              | 6.9 |
| 2.0  | 157                              | 7.1 |
| 2.1  | 185                              | 7.0 |
| 2.2  | 207                              | 7.1 |
| 2.3  | 223                              | 7.1 |
| 2.4  | 245                              | 7.0 |
| 2.5  | 262                              | 6.9 |

### IV.- Encolante tipo AKD

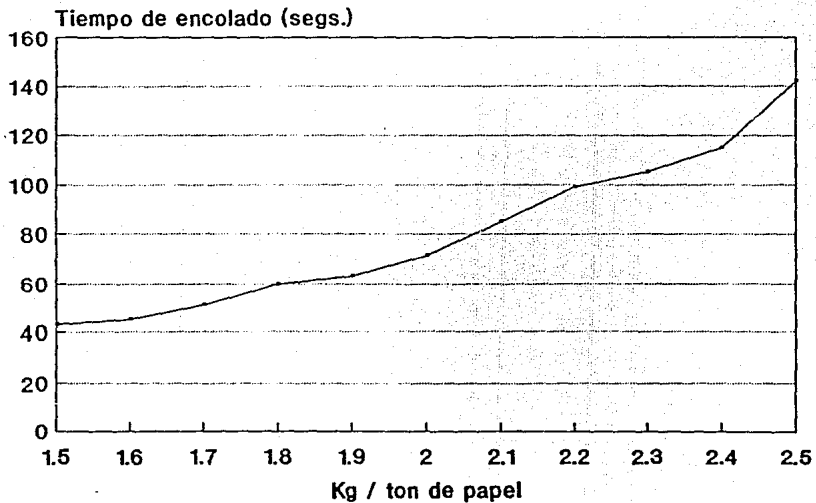
El encolante tipo AKD es un material hidrofóbico de baja energía superficial, hecho a base de ácidos grasos de entre 16 y 18 átomos de carbono y un ceteno como principal grupo funcional. Este producto tiene como fórmula general  $(R-CH_2-C=O)_2$  donde R representa una larga cadena de hidrocarburos alifáticos.

Los principales ácidos grasos con los que se fabrica el AKD son: ácido esteárico, palmítico, mirístico y oléico.

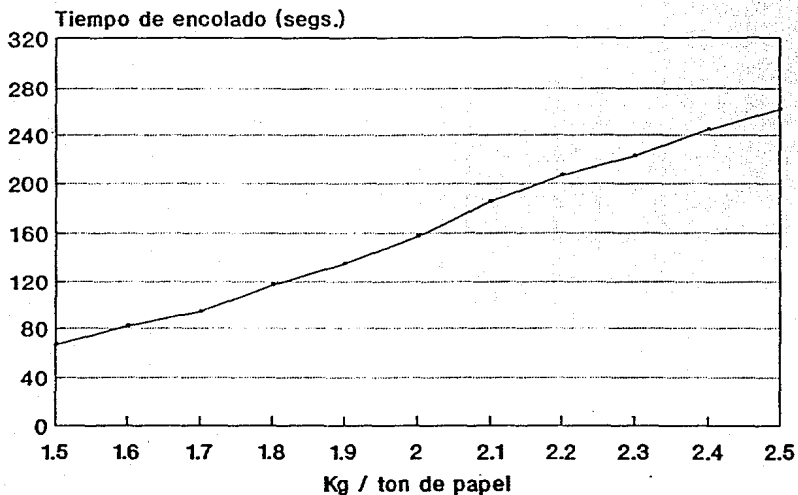
# GRAFICA 1

## ENCOLANTE TIPO ASA

### HOJA SIN TIEMPO DE CURADO



## GRAFICA 2 ENCOLANTE TIPO ASA HOJA CON TIEMPO DE CURADO



El AKD es un producto insoluble en agua, por lo que al igual que el ASA deberá de emulsificarse antes de aplicarse en la pulpa. Este encolante tiene la característica de que se puede adquirir emulsificado por el fabricante o se puede hacer la emulsión por el productor de papel. Por lo general se utiliza al igual que con el encolante tipo ASA, almidón catiónico como agente emulsificador. Para llevar a cabo las emulsiones se utilizan los mismos principios que se emplean para lograr las emulsiones con ASA, aunque esta práctica día con día va desapareciendo debido a la gran aceptación que tiene el AKD emulsificado por el fabricante.

#### Mecanismo de encolado con AKD

##### a) Retención

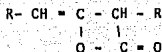
Esta parte del mecanismo consiste principalmente en mantener las partículas de encolante en la fibra, evitando que estas queden disueltas en agua. Para lograr este propósito, se cuenta con el almidón catiónico de la emulsión, el cual proporciona una carga positiva a las partículas de AKD. Otro tipo de resinas catiónicas empleadas para este fin son las resinas poliamidas, pero la elección final dependerá de las características que se necesiten en la hoja de papel.

##### b) Distribución

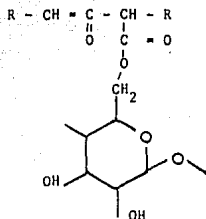
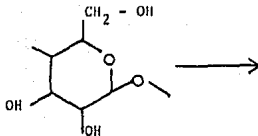
Una vez que las partículas de la emulsión se han fijado en la fibra continúa la etapa de distribución, en donde las partículas de encolante comienzan a extenderse por toda la superficie de la hoja. Esta etapa se lleva a cabo en los secadores, donde gracias al calor y al bajo punto de fusión del encolante (40-50°C), este se esparce por toda la hoja. En teoría el encolante se debe distribuir uniformemente en una capa monomolecular que cubre toda la superficie del papel. La cantidad teórica para este propósito es de 0.5 lb., de encolante por tonelada de papel, pero en la mayoría de los casos se debe de usar un exceso de encolante que nos asegure la funcionalidad y de esta forma se compense la distribución no uniforme, las pérdidas por retención y la pérdida de encolante ocasionada por competitividad de reacciones en el sistema.

##### c) Reacción

Ya que se distribuyó adecuadamente el AKD sobre la fibra, se abre el anillo para reaccionar con el grupo hidroxilo en la celulosa bajo la siguiente reacción :



+



Cuando se completa la reacción se puede decir que se obtuvo el encolado.

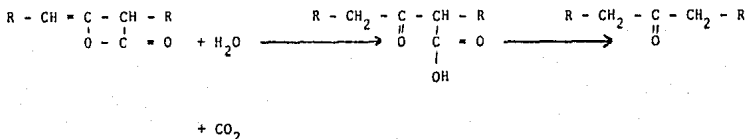
El encolante tipo AKD tiene una excelente resistencia en un amplio rango de pH de líquidos penetrantes. También se ha visto que muy difícilmente se rompe el encolado por la acción de algún líquido, ya que el compuesto resultante es prácticamente inerte.

#### Competitividad de Reacciones :

La hidrólisis de AKD es la principal y más común de las reacciones no deseadas del encolante en la fabricación de papel.

El encolante se puede hidrolizar después de que se forma la emulsión y es agregado a la máquina de papel. La hidrólisis del encolante va a depender del pH del sistema así como de la temperatura. Por otra parte las emulsiones de AKD contienen sustancias estabilizadoras que bajan de forma considerable el grado de hidrólisis en su aplicación.

La reacción es la siguiente :



## Condiciones de Uso

### a) Tipo de pulpa:

Como cualquier encolante, la eficiencia del AKD depende en cierta forma del tipo de pulpa en la que se vaya a aplicar y como se mencionó en capítulos anteriores del proceso mecánico al que se somete la fibra.

Desde su aparición en el mercado, el AKD se ha utilizado para encolar una gran variedad de fibras que van desde las fibras secundarias hasta fibra Kraft altamente blanqueada.

### b) Cargas:

Se debe tener muy en cuenta que las cargas van a disminuir notablemente el encolado, esto se debe a una disminución de fibra en la hoja.

El efecto de la carga en el encolado varía dependiendo si se trata de una carga de baja área superficial como el carbonato de calcio ó de una carga de alta área superficial.

### c) Punto de adición:

Para este tipo de encolantes, se tiene que encontrar un punto donde se pueda distribuir uniformemente en toda la fibra y donde el tiempo de residencia sea bajo, ya que esto ocasionaría ciertos problemas debido a la posible hidrólisis del AKD.

El punto de aplicación más común del AKD en una máquina se encuentra entre la caja de máquina y la bomba fan.

Este encolante tiene la característica de poder aplicarse en la superficie de la hoja una vez que esta ya está formada. Esto se usa principalmente en aquellos casos donde se requiera un alto nivel de encolado en el producto final y que no se puede cumplir con un encolado interno. Este tipo de aplicación es muy eficiente debido a los altos niveles de retención de encolante que se logran.

### d) Condiciones de operación:

La reactividad del AKD para lograr un buen encolado depende principalmente del pH en la fibra através de todo el sistema, y este deberá caer en un rango de 6.5-7.5.

Por otra parte, la alcalinidad del sistema deberá estar en un rango de 50 a 70 ppm ( como carbonato de calcio ) para obtener la mayor eficiencia del encolante y evitar problemas principalmente de incrustaciones en las prensas.

#### e) Secado:

El secado de la hoja de papel es otra de las variables de importancia a manejar en el encolado, ya que de esto va a depender la distribución del encolante en la hoja y posteriormente de la reacción con las moléculas de celulosa.

Para obtener una buena eficiencia tanto en el secado como en el encolante, se ha visto que la temperatura de la primera sección de secadores deberá caer en el rango de 65-75°C y en secciones siguientes deberá ser mayor a los 85°C.

#### Otros productos químicos

Al igual que con los encolantes a base de brea, los agentes antiespumantes, dispersantes, y cargas van a ocasionar problemas de encolado si no se controlan adecuadamente causan efectos indeseables tanto en el encolado como en la fabricación del papel.

#### Propiedades finales del papel

Se ha visto através del tiempo que el empleo de encolantes alcalinos alteran las características del papel y esto se debe principalmente al tipo de cargas que se utilizan.

Las principales características que se modifican son el encolado y el brillo de la hoja. El encolado se mejora debido a que el AKD presenta mayor resistencia a los líquidos; así como una mayor longitud de la molécula que cubre la hoja, mientras que el brillo se ve afectado por una interferencia iónica, ya que el AKD disminuye en cierta forma la acción de los abrillantadores ópticos cuando ambos se aplican en la pulpa. Esto se puede resolver aplicándolos en size press.

#### V.- Aplicación del encolante AKD para la prueba

La aplicación del AKD se realizó de igual manera que en las dos pruebas anteriores y a la misma concentración tanto de encolante como de agente de retención.

Los cálculos realizados fueron los siguientes:

Concentración original de AKD: 10%

Cantidad de encolante: 0.004275 g que equivalen a 1.5 kg/ton de papel producido.

$0.004275 \text{ g} \times 100 \text{ ml} / 30 \text{ ml} = 0.01425 \text{ ml}$  de solución de encolante al 30%.

Para facilidad de manejo de solución de AKD se diluye al 0.3%:  
 $V_2 = 0.3 \text{ g} \times 100 \text{ ml} / 30 \text{ g} = 1 \text{ ml}$  que se lleva a un volumen de 100 ml.

Cantidad de solución al 0.3% de AKD:

$0.004275 \text{ g} \times 100 \text{ ml} / 0.3 \text{ g} = 1.42 \text{ ml}$

Para las pruebas restantes se siguió el mismo procedimiento modificando la cantidad de encolante por tonelada de papel fabricado, dando como resultado la siguiente tabla:

| Cantidad de encolante<br>(Kg/ton de papel) | Cantidad de encolante<br>(gramos) | Cantidad de soln.<br>de encolante (0.3%)<br>(mililitros) |
|--|-----------------------------------|--|
| 1.5  | 0.004275                          | 1.425  |
| 1.6  | 0.00456                           | 1.52   |
| 1.7  | 0.004548                          | 1.615  |
| 1.8  | 0.00513                           | 1.71   |
| 1.9  | 0.005415                          | 1.805  |
| 2.0  | 0.0057                            | 1.90   |
| 2.1  | 0.005985                          | 1.995  |
| 2.2  | 0.00627                           | 2.09   |
| 2.3  | 0.006555                          | 2.185  |
| 2.4  | 0.00684                           | 2.28   |
| 2.5  | 0.007125                          | 2.375  |

## VI.- Resultados

Tabla de resultados:

Tabla 1.- (Hojas sin tiempo de curado)

| Cantidad de encolante<br>(Kg/ton de papel) | Tiempo de encolado<br>(segundos) | pH  |
|--|----------------------------------|-----|
| 1.5  | 58                               | 7.1 |
| 1.6  | 67                               | 7.0 |
| 1.7  | 83                               | 7.0 |
| 1.8  | 101                              | 7.1 |
| 1.9  | 126                              | 6.9 |
| 2.0  | 147                              | 7.0 |
| 2.1  | 160                              | 7.1 |
| 2.2  | 192                              | 7.1 |
| 2.3  | 205                              | 7.2 |
| 2.4  | 221                              | 7.0 |



2.5

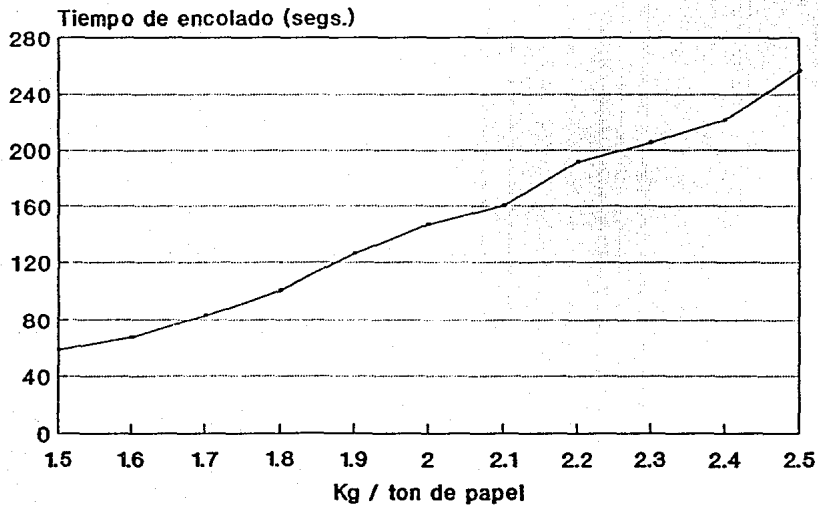
256

6.9

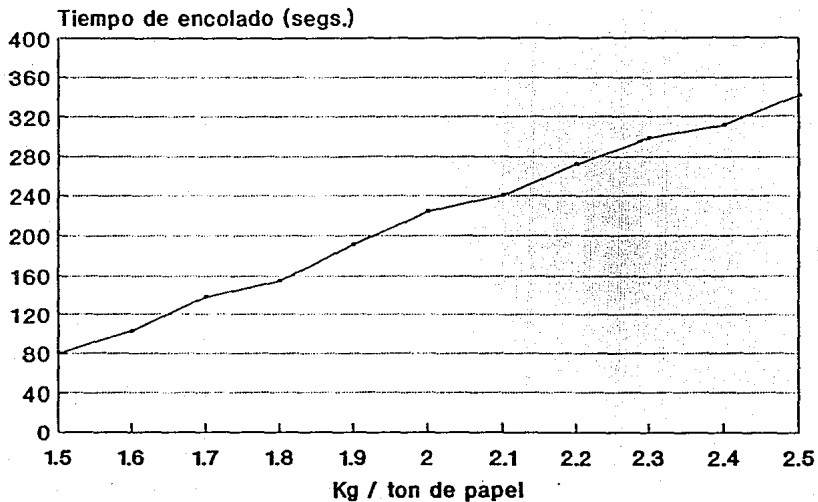
Tabla 2.- (Hojas con tiempo de curado)

| Cantidad de encolante<br>(Kg/ton de papel) | Tiempo de encolado<br>(segundos) | pH  |
|--|----------------------------------|-----|
| 1.5  | 80                               | 7.1 |
| 1.6  | 102                              | 7.0 |
| 1.7  | 138                              | 7.0 |
| 1.8  | 155                              | 7.1 |
| 1.9  | 191                              | 6.9 |
| 2.0  | 224                              | 7.0 |
| 2.1  | 240                              | 7.1 |
| 2.2  | 272                              | 7.1 |
| 2.3  | 299                              | 7.2 |
| 2.4  | 312                              | 7.0 |
| 2.5  | 341                              | 6.9 |

**GRAFICA 1**  
**ENCOLANTE TIPO AKD**  
**HOJA SIN TIEMPO DE CURADO**



## GRAFICA 2 ENCOLANTE TIPO AKD HOJA CON TIEMPO DE CURADO



## CONCLUSIONES

1.- El encolado de papel en sistema neutro-alcalino es un método totalmente diferente al sistema ácido, en el cual la diferencia no está solo en los diferentes pH de trabajo, ya que existen otras variables como tipo de cargas empleadas, mecanismo de encolado, aplicación de encolante, tipo de agente de retención, etc.

2.- La fabricación de papel en sistema neutro-alcalino aunque ofrece muchas ventajas, no se puede aplicar a toda clase de papel, ya que en algunas ocasiones el empleo de este proceso puede ser contraproducente tanto en las características del papel como en los costos de producción.

3.- Las ventajas más importantes que tiene el encolado en medio neutro-alcalino sobre el medio ácido son principalmente la sustitución de caolín por carbonato de calcio como carga y la disminución de la corrosión en la máquina.

4.- El encolante a base de brea, así como los dos encolantes sintéticos que se emplearon presentan varios puntos de interés en común como son: una emulsión estable, rápida incorporación a la fibra, buena retención en la hoja y aumento del tiempo de encolado con un curado posterior al secado.

5.- En base a los datos de encolado que se obtuvieron, podemos darnos cuenta que este encolante presenta un comportamiento similar al que presentan encolantes del tipo AKD y ASA.

6.- El encolante propuesto funciona adecuadamente para encolar papeles en medio neutro-alcalino debido al gran carácter catiónico de su molécula.

7.- En la formulación de pasta que se empleó en la aplicación notamos que el porcentaje empleado de encolante de brea con respecto a los otros dos es mayor para lograr niveles de encolado similares, lo cual se debe principalmente al tamaño de partícula y a la diferencia de electronegatividades.

8.- Podemos notar que siempre y cuando se trabaje dentro del pH adecuado, es decir de 6.5 a 7.5, tanto el encolante de brea como los encolantes sintéticos no presentan problemas en su aplicación.

9.- Los resultados nos indican que el nivel de encolado aumenta con el tiempo de curado independientemente del tipo de encolante que se utilice. Esto se debe a que existe una mejor orientación de las moléculas de encolante sobre la fibra.

10.- Algunos de los problemas que se presentaron en la aplicación de los encolantes en la hoja de papel, son problemas que muy comunmente se presentan a nivel industrial como son: mal control del pH, hidrólisis del encolante, exceso de carga y mala aplicación de los secadores.

11.- Para los encolantes sintéticos la eficiencia va intimamente ligada con el grado de dispersión que se alcance en la fabricación de las hojas, ya que una mala dispersión originaría problemas de encolados uniformes.

12.- La eficiencia del encolante se va a ver afectada principalmente por el tipo de pulpa que se utilice, el tipo de carga y el refuerzo que se emplee en su fabricación.

13.- Para la elección del tipo de encolante se deben tomar en cuenta los siguientes aspectos: el pH del proceso, la eficiencia del encolante y la mejora en la calidad de la hoja.

## BIBLIOGRAFIA

- 1.- Bolton, P.S.; Libby, C.E.; "The college textbook of pulp and paper manufacture"; TAPPI, New York, 1975.
- 2.- Casey, J.P.; "Pulp and Paper"; Intersciences, New York, 1981.
- 3.- Kulmer, R.W.; "Internal sizing of paperboard"; TAPPI monograph series No. 33, TAPPI, New York 1971.
- 4.- Davison, R.W.; "Alum and related materials in paper making" TAPPI monograph series No. 57, TAPPI, New York 1975.
- 5.- Davidson, R.W. and Sporlin, H.M.; "Hand book of pulp and paper technology"; 2a. Edición, Van Nostrand Reinhold Co.; New York, 1977.
- 6.- Keavney, J.J. and Kulick, R.J. "Pulp and paper chemistry and chemical technology", 3a. Edición; New York 1981.
- 7.- Arnson, T.R.; "The chemistry of aluminium salts in paper making", TAPPI Journal 65, 1982.
- 8.- Morton, J. and Morton, T. "Principles to optimize rosin sizing", TAPPI Journal 66, 1983.
- 9.- McDonald, R.G.; "Pulp and paper manufacture", McGraw-Hill, 3a. Edición, New York 1973.
- 10.- Dumas, D.H.; "Alkaline Sizing", TAPPI, Paper maker conference, 1979.
- 11.- Clark, J.A. "Pulp technology and treatment for paper", Miller Freeman, San Francisco, 1978.
- 12.- TAPPI 1990, Technical information sheets, volume 1, Atlanta Ga. 1990.
- 13.- Watkins, S.H.; "Rosin and rosin size", Internal sizing of paper and paperboard, TAPPI, monograph series No. 33, 1975.
- 14.- Stephenson, J.N. "Pulp and paper manufacture", McGraw Hill, 1979.
- 15.- "The Dictionary of Paper", American Paper and Pulp Association, New York, 1951.
- 16.- Sutermeister, E. "Chemistry of pulp and paper making", Wiley, New York, 1981.
- 17.- Costas Poch, J.J. Pat EU. 89-00.750, Barcelona, España, 1989.

18.- Denham, H. and Harry J. Pat US. 2,640,822, California, E.U.A, 1989.

19.- Hiskens, I. Pat EU. 0,333,368, Oldbury Warley West Midlands, G.B., 1989.

20.- Barrera, Molina J. "La trementina y sus derivados, el aguarrás y la brea". Banco de Comercio Exterior, Mexico. D.F.

21.- Letman, Ch. "The technology of natural resins", John Wiley and Sons Inc. New York, 1983

22.- Martinez, M. "Los pinos Mexicanos", Mexico, D.F.

23.- Nájera, F. y Rife P. "Resinación con estimulantes químicos", Instituto forestal de investigaciones y experiencias, Madrid, Espana, 1986.

24.- Nájera, F. " Estudios sobre los perfeccionamientos de que es susceptible el sistema de resinación Hughes", Instituto forestal de investigaciones y experiencias, Madrid, Espana, 1985.

25.- Panshin, A.J., Harrar, E.S., " Forest Products", McGraw-Hill, New York, 1983.

26.- Schaller, W.H., Halbrook, N.J. "Esteres of rosin and olefin epoxides", American O.J. Chem. Soc. 45(5): 343-344, Mayo 1968.