
FACULTAD DE QUIMICA

U.N.A.M.

**Anteproyecto del Diseño de una Planta para
la Fabricación del Abietato de Sodio Utilizado
Como Encolante en una Fábrica de Papel**

T E S I S

Que para obtener el título de:
INGENIERO QUIMICO
p r e s e n t a :
JAVIER FRANCISCO MALDONADO MELENDEZ

1972



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

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

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

Al H. Jurado Revisor

Presidente Ing. Adalberto Tirado Arroyave

Vocal Ing. Eduardo Rojo y de Regil

Secretario Ing. Jaime Reyes Montoya

1er Suplente Ing. Roberto Andrade Cruz

2° Suplente Ing. José Luis Padilla de Alba

Asesor del Tema Ing. Jaime Reyes Montoya

Supervisor Técnico Ing. Ernesto Lippert Watty

con sincero agradecimiento



a mis adorados Padres

I N D I C E

	Introducción	Hoja	1
Capítulo I:	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		3
Capítulo II:	GENERALIDADES SOBRE LA FABRICACION DE LA CELULOSA Y EL PAPEL		4
a)	Fabricación de la Celulosa		4
	Obtención de la Celulosa Mecánica		8
	Obtención de Celulosas Químicas		8
	Proceso Alcalino al Sulfato o Kraft		9
	Proceso Acido al Sulfito		10
	Blanqueo de la Pulpa		13
b)	Fabricación del Papel		15
Capítulo III:	GENERALIDADES SOBRE ENCOLADO		19
a)	Definición de Encolado		19
	Procesos de Encolado		20
	Tipos de Agentes Encolantes Empleados		21
	Grados Comerciales de Papeles Encolados		22
	FACTORES QUE AFECTAN AL ENCOLADO		26
	Efecto de la Tensión Superficial		26
	Efecto de la Porosidad		28
	Calibre del Papel		28
	Cantidad de Penetración (Fórmula)		29
	MÉTODOS PARA MEDIR EL ENCOLADO		30
	Método de la Gota "Drop Test"		32
	Método del Flotado En Agua		32

	Método de Cobb	Hoja 32
	Método de Carson o del Enroscamiento	33
	Método del Indicador Seco	33
	Método de la Fluorescencia	34
	Método de Currier	34
	Método del Angulo de Contacto	35
	Método de la Penetración con Tinta Para Escritura "Ink Flotation Test"	36
	COLOFONIA PARA EL ENCOLADO	38
	Fracción Acida de la Colofonia	39
	Fracción Neutra de la Colofonia	40
	Propiedades Físicas y Químicas de la Colofonia	41
	Color de la Colofonia	42
	Punto de Reblandecimiento de la Colofonia	42
	Número Acido de la Colofonia	44
	Grupo Carboxílico de la Colofonia	44
	Núcleo Hidrocarbónico de la Colofonia	45
	SULFATO DE ALUMINIO	46
b)	PROCESO DE ENCOLADO	48
	Mecanismo del Encolado	49
	Teoría de la Coordinación y Teoría Eléctrica	49
	Composición del Precipitado en el Encolado	54
Capítulo IV:	FABRICACION DEL ABIETATO DE SODIO	56
	Manufactura del Encolante en Pasta	57

✓	Capítulo V:	DISEÑO DE LA PLANTA	Hoja	59
X	Capítulo VI:	JUSTIFICACION ECONOMICA		72
✓	Capítulo VII:	BIBLIOGRAFIA		74

I N T R O D U C C I O N

El objetivo que se persigue durante el desarrollo de ésta Tesis es el de establecer si es económicamente rentable integrar en una fábrica de papel el proceso para obtener el encolante interno empleado, debido a que la fábrica produce en su mayor parte papeles especiales los cuales requieren para su elaboración de gran calidad y pureza de la materia prima empleada.

El término encolante no es muy preciso pero en general existen dos métodos mayormente empleados: encolado interno y encolado superficial. El tema de ésta Tesis es el encolado interno y básicamente consiste en agregar las sustancias químicas adecuadas a la pasta celulósica (con que se va a formar el papel) para que se precipiten en sus fibras con el propósito de controlar la penetración de líquidos (tintas, recubrimientos, agua, etc.) dentro del papel seco.

C A P I T U L O I

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. Existen varios grados de Celulosas, tanto mecánicas como Químicas con las que se pueden hacer diferentes combinaciones para obtener el papel con las características deseadas.
2. En la fabricación del papel intervienen fenómenos Físicos, Químicos y Fisicoquímicos, los que debidamente conjuntados determinan su calidad.
3. El encolado es un factor muy importante en: Los papeles destinados a la impresión; los papeles base para recubrir o laminar; los papeles para envolturas principalmente, ya que determinará el grado de penetración del fluido con que se vaya a poner al papel en contacto, según sea el caso.
4. Existen dos tipos de métodos para medir el encolado; los directos que se basan en medir la penetración de un líquido acuoso a través del papel; y los indirectos que se basan en los cambios de pro-

piedades del papel debido a la penetración del agua. Los dos son comunmente utilizados.

5. La Colofonia es extraída de diferentes sustratos, la más común es la extraída del Pino; está constituida por un 80 a 90% de ácidos resínicos y con un 10 a 20% de materia neutra. El color claro de la Colofonia indica mayor calidad que el rojizo.
6. La Teoría de la Coordinación y la Teoría Eléctrica tratan de explicar que el encolado del papel se lleva a cabo en dos pasos:
 - A) Formación de un complejo resina-aluminio hidratado por fenómeno de coordinación;
 - B) Precipitación de dicho complejo sobre la celulosa por fenómeno de atracción de cargas contrarias.
7. Haciendo reaccionar la brea colofonia con sosa cáustica en medio acuoso con temperatura de 90°C, obtendremos el encolante en pasta, que es el más conveniente debido a sus características y por no ser necesario someterlo a un proceso de secado que elevaría su costo.
8. El Balance Económico nos manifiesta un Ahorro Neto Anual de más de 280,000.00 \$/año, una Recuperación de la Inversión de más de 300% en un Tiempo para Recuperar la Inversión de 3.9 meses.

Con base en las Conclusiones anteriores y tomando en consideración que se tienen instalados en la Fábrica todos los servicios básicos (vapor, energía eléctrica, tanques de dilución, etc.) y que se cuenta con personal altamente capacitado para supervisar el proceso, recomendamos:

Pasar a la Etapa de Proyecto, ya que éste Anteproyecto lo justifica plenamente, en el cual se someterán a consideración más factores para tener otros elementos de juicio (situación del mercado, abastecimiento de materia prima, política gubernamental, etc.) y así proceder o no a la inversión.

C A P I T U L O I I

GENERALIDADES SOBRE LA FABRICACION DE LA CELULOSA Y EL PAPEL

I A.- FABRICACION DE LA CELULOSA

La celulosa es el constituyente esencial en la trama de los vegetales, brindándoles las resistencias que necesitan para fortalecerlos, dando rigidez a las células y protegiendo al protoplasma. La celulosa generalmente se encuentra acompañada de la lignina que es una sustancia compleja que afecta las propiedades del papel o a su proceso de manufactura, por lo que se hace necesario que la pulpa sea tratada químicamente para eliminar al máximo esta sustancia.

La celulosa existe casi pura en las fibras del algodón y puede ser obtenida de una gran variedad de plantas pero no todas son apropiadas para su obtención pues ello dependerá de la forma de sus células principales.

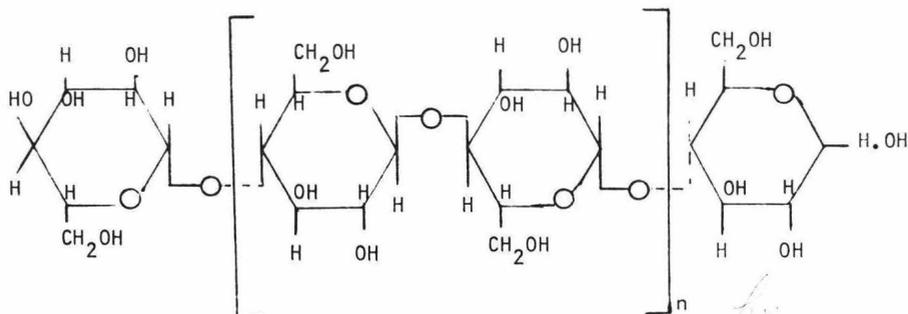
La pulpa celulósica más empleada es la obtenida de la madera aunque también se utiliza el bagazo de caña, la paja y en menor escala el bagazo de henequén, la paja de linaza, los tallos del maíz y la yuca.

En lo que concierne a la madera, se le divide en dos clases: maderas suaves y maderas duras las cuales son obtenidas de gimnospermas y angiospermas respectivamente. Los árboles más utilizados para la obtención de la pulpa son los de la familia de las coníferas, algunas especies de pinos y abetos, el cedro, el ciprés, el bálsamo, etc.; de las especies con hoja ancha se emplean el álamo, el abedul, el castaño, la haya, el encino, etc.

La densidad es una de las propiedades principales de la madera, oscilando entre 0.30 y 0.55 alcanzando los rangos más altos cuando el crecimiento del árbol es lento y viceversa.

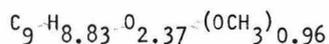
La composición química de la madera está formada por la holocelulosa, la lignina, resinas, grasas, taninos y algunas sustancias volátiles principalmente.

La holocelulosa está formada por la celulosa y por la hemicelulosa. La celulosa es el constituyente más importante de la madera. Es insoluble en agua y es el componente esencial en la fabricación del papel. La celulosa es un hidrato de carbono con una molécula de gran magnitud formada por carbono, oxígeno e hidrógeno:



La hemicelulosa es una mezcla de hidratos de carbono de moléculas menores que la celulosa, y puede ser disueltamente (después de removida la lignina) con una solución de sosa diluida.

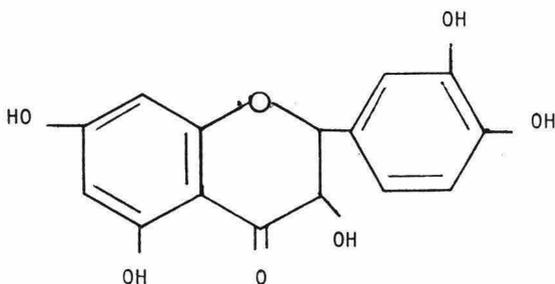
El segundo componente de la madera, en importancia, es la lignina; siendo su contenido aproximado en las maderas duras de un 24% y en las coníferas de un 28%. Su función es la de unir a las fibras dándoles rigidez. Químicamente se desconoce con exactitud su composición, siendo la fórmula más recientemente investigada la de



Físicamente es de color oscuro, con aspecto resino-pegajoso.

Las resinas que contiene la madera son ácidos de composición variable semejantes a los de la brea. Las grasas que contiene la madera son compuestos obtenidos de la unión de la glicerina con el ácido oléico o linoléico.

Los taninos son compuestos poco conocidos, se les ha dividido en hidrolizables y en condensados, hasta la fecha no se han podido definir sus estructuras químicas, siendo aproximadamente:



Para poder obtener la pulpa es necesario preparar a la madera mecánicamente y las operaciones a que se le somete son el descortezado y seccionado o astillado, según el tipo de proceso a que se le vaya a someter.

A las fibras anuales, como el bagazo de caña, la paja, paja de linaza, etc.; se les aplican procesos específicos para cada uno de ellos, comenzando en el momento de cortar la planta.

Obtención de la Celulosa Mecánica

Este proceso consiste básicamente en triturar troncos y pedazos de madera contra una superficie sólida resistente, a la cual se le está aplicando agua, para enfriar el área que se ha calentado debido a la fricción y para suspender y separar las fibras obtenidas.

El costo de la celulosa o pulpa mecánica es bastante inferior al de las pulpas obtenidas por procesos químicos, ya que únicamente está sujeto al costo de la madera, del agua y de la energía eléctrica principalmente, así como a la eficiencia operacional y la calidad del producto.

Obtención de Celulosas Químicas

Estas celulosas o pulpas son obtenidas por medio de procesos en los que se emplean compuestos químicos con la finalidad de remover las sustancias no celulósicas de la madera, bagazo, paja, etc., que afectan al proceso de manufactura del papel y a sus calidades finales.

Existen dos procesos básicos mediante los cuales se obtienen las pulpas químicas; el proceso ácido en el cual se utiliza el sulfito normal o el bisulfito, y el proceso alcalino a la sosa y el del sulfato o kraft.

Estos procesos son los más importantes en la actualidad y de ellos, por ser los más representativos en la obtención de pulpas químicas, se mencionarán el proceso del sulfato o kraft y el proceso al sulfito normal.

Proceso Alcalino al Sulfato o Kraft

La madera en forma de astillas es alimentada a unos reactores a los que se les da el nombre de digestores, los que generalmente están hechos de fierro, diseñados para resistir altas temperaturas y presiones y cuentan con entradas de reactivos y vapor y con válvulas de escape para los gases. Al reactivo original que se usa en este proceso se le llama licor blanco y está compuesto por una solución de sosa cáustica y sulfuro de sodio en una proporción determinada para obtener las características que se deseen en la pulpa. Añadido el reactivo se cierra el digestor y se inyecta vapor para subir la temperatura y la presión hasta las condiciones que se requieran.

Durante el proceso de digestión, el licor blanco reacciona con la lignina, resina, grasas y hemicelulosas solubilizándolas casi totalmente. Los reactivos, a su vez, también atacan parcialmente a la celulosa hidrolizándola, con lo que consecuentemente la degradan. A la lignina no es conveniente eliminarla totalmente, pues su presencia protege de este ataque a la celulosa. Depende la cantidad que quede de ella de los márgenes de seguridad que se deseen en la

digestión para evitar una celulosa muy degradada.

Existen dos etapas durante el ciclo de digestión de la pulpa; la de penetración del licor en los capilares de las astillas, que abarca desde que el licor es agregado hasta que se llega a la temperatura de digestión, con una duración aproximada de 1 1/2 a 2 horas; y la etapa de digestión, durante la cual se efectúan las reacciones de los reactivos químicos sobre las incrustaciones de la madera, con una duración aproximada de 1 1/2 a 2 horas. Generalmente las condiciones en el proceso de digestión son de una temperatura de 150 a 180°C y con una presión de 3 Kg./cm².

Concluido el proceso de digestión, se baja la presión del digestor y se extraen separadamente la pulpa y el licor residual ó licor negro, el cual puede ser reprocesado después sometiéndolo a un proceso de recuperación de reactivos. ✓

Proceso Acido al Sulfito

De los procesos ácidos empleados en la fabricación de celulosa o pulpa, el clásico es el proceso al sulfito, el cual se lleva a cabo en equipos semejantes a los descritos en el proceso alcalino tipo kraft, los que además cuentan con recubrimiento de acero inoxidable para resistir la acción corrosiva de los ácidos.

El proceso de digestión es efectuado mediante la acción del licor del bisulfito de calcio sobre la madera astillada, el cual acciona disolviendo la lignina que ésta contiene y la hemicelulosa se hidroliza formando compuestos más simples y como en el caso del proceso Kraft, parte de la celulosa se degradará. También en este caso la digestión ocurre en dos etapas: la etapa de penetración del licor en los capilares de las fibras y la etapa de digestión propiamente dicha. La duración de las etapas también dependerá del tipo de madera empleada, de la concentración del licor, de la temperatura y de la presión.

Las principales materias primas empleadas en el proceso de fabricación de licor de cocción son el azufre y la piedra caliza (carbonato de calcio).

El azufre se transforma en anhídrido sulfuroso mediante un sistema de combustión y posteriormente reaccionará mediante un sistema de absorción con la piedra caliza.

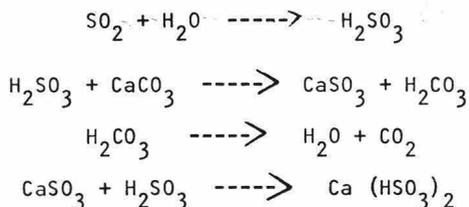
El azufre se funde en un sistema de combustión formado por un horno y de un tanque provisto de un serpentín de vapor que se coloca generalmente encima del horno para aprovechar el calor de radiación producido efectuándose la reacción siguiente:



Obteniéndose gases de combustión de 17 - 18% de SO_2 . El gas se somete a un proceso de enfriamiento desde 1000°C hasta

30°C, que es la temperatura más adecuada para efectuar el siguiente proceso, que es el de absorción.

En el sistema de absorción se emplean, según sea el caso, dos torres empacadas con piedra caliza llamadas torre fuerte o torre débil. Al gas proveniente del enfriador se le denomina gas fuerte y se alimenta por medio de un ventilador a la torre fuerte, donde reaccionará con licor proveniente de la torre débil y con la piedra caliza. El gas que no alcanza a reaccionar sale por la parte superior y se alimenta al fondo de la torre débil, donde reacciona con el agua y la piedra caliza existentes en ella. Las reacciones que se verifican en el sistema de absorción son:



La solución de anhídrido sulfuroso en agua produce ácido sulfuroso (muy inestable), el cual reacciona con el carbonato de calcio (piedra caliza) formando sulfito de calcio insoluble y ácido carbónico que se descompone en agua y bióxido de carbono. El sulfito de calcio reacciona con un exceso de ácido sulfuroso y forma un licor de bisulfito de calcio soluble, efectuándose estas reacciones casi instantáneamente.

El licor obtenido se fortalece pasándose por un tanque de sedimentación para eliminar impurezas pesadas (arena) almacenándose ya clarificado en un tanque, de donde se bombea a otros recipientes denominados acumuladores, los cuales se encuentran a presión. De un acumulador de baja presión, el licor se pasa a través de un ductor en el cual se mezcla con SO_2 procedente de alivio, del digestor, hacia un acumulador de alta presión ya fortificado quedando listo para ser empleado en el proceso de digestión.

Blanqueo de la Pulpa

Las pulpas que se utilizan en la manufactura de papeles finos se necesitan blanquear, ya que después del proceso de digestión (sea cual fuere el empleado) contienen impurezas que le imparten color.

Básicamente, el blanqueo consiste en solubilizar las impurezas colorantes o en transformarlas a forma incolora. La sustancia que le imparte más coloración a la pulpa es la lignina y los principales agentes blanqueadores que se utilizan para eliminarla son el cloro, el dióxido de cloro y el hipoclorito de sodio o de calcio, utilizándose también en menor escala el peróxido y otros compuestos. Cabe señalar que un blanqueo excesivo redundará en la degradación de las propiedades de la pulpa, por lo que es necesario seleccionar muy cuidadosamente el blanqueador y las condiciones de operación, lo cual dependerá de las características de la pulpa sin blanquear y de las

que se deseen obtener en la pulpa blanqueada.

En el blanqueo de la pasta mecánica se utilizan principalmente el peróxido de hidrógeno (agua oxigenada), el bisulfito de sodio y los hidrosulfitos de sodio o de zinc.

B.- FABRICACION DEL PAPEL

La pulpa o mezcla de ellas son sujetas a tratamientos mecánicos con el fin de corregirles la forma, longitud y condiciones físicas mediante una correcta preparación, dando el nombre de pasta a la suspensión formada por la mezcla de fibras celulósicas y sustancias químicas en agua, que va a ser utilizada en la fabricación de papel.

El tratamiento a que es sometida la pulpa es de tipo frotamiento o de corte, denominado batido o refinación lo cual se efectúa en refinadores cónicos o en refinadores de discos y antiguamente en pilas holandesas, que consistían de un canal circular provisto de un rodillo giratorio estriado que efectuaba la acción de batido o refinado. Este método es empleado aún cuando se utilizan pulpas de

fibras largas y difíciles de batir. Los refinadores cónicos o "Jordan" están formados por una envolvente cónica cuyo interior está provisto de barras y de un cono estriado giratorio de alta velocidad con lo cual se efectúa la acción de batido de las fibras celulósicas que han sido des-fibradas y mezcladas en un "Hydrapulper" que es básicamente un desinte-grador. Los refinadores de disco, son de muy alta velocidad y consis-te básicamente de placas estriadas colocadas en dos discos verticales haciéndose pasar la pasta a través de ellos.

Una refinación efectuada drásticamente reducirá la longitud de la cadena celulósica en puntos debilitados durante el pro-ceso de fabricación de la pulpa, obteniéndose una pasta degradada, por lo cual se considera a este punto como crítico.

La pasta refinada es almacenada en tanques, donde se le agregan aditivos químicos para obtener las características deseas en el papel que se va a fabricar; se le añaden los encolantes que reaccionan con el sulfato de aluminio precipitándose sobre las fibras celulósicas mediante un mecanismo que será descrito más adelante. Se agregan caolines y bióxido de titanio para impartir blancura y opaci-dad al papel (para evitar que se transparente), resinas para darle re-sistencia a la humedad, colorantes, microbicidas (fungicidas), anties-pumantes, etc. Se diluye la pasta a un 0.5% de concentración o consis-tencia y se somete a un proceso de depurado con la finalidad de elimi-narle impurezas, obteniéndose una suspensión que es alimentada mediante el labio o ranura calibrada de la caja de entrada hacia la mesa de fa-

bricación de la máquina de papel; la cual está constituida por un "Four drinier" que está formado por una tela giratoria sinfín de bronce o de hilos plásticos, la cual gira entre el rodillo de pecho y el rodillo "couch" o de succión, sostenida mediante una serie de rodillos desgata-dores o cuchillas tipo "foil". El agua drena a través de la tela, de-jando las fibras como una capa delgada, la que es pasada sobre cajas de succión que operan al bajo vacío, con la finalidad de eliminarle el máxi-mo de agua. La "marca de agua" se aplica mediante un rodillo denominado "Dandy Roll", el cual gira sobre la mesa de fabricación. Para prevenir una orientación excesiva de fibras en sentido máquina, se hace oscilar o traquear a la tela a lo ancho de la mesa.

La hoja ya formada es transferida mediante un fiel-tro a una sección de secado mecánico, el cual consiste de rodillos que mediante presión planchan al papel extrayendo el agua hasta un conteni-do de humedad de aproximadamente 65%, de donde se pasa a la sección de secado. Esta sección está constituida por una serie de cilindros metá-licos huecos, con su cara exterior perfectamente pulida; los cuales son calentados internamente mediante vapor a baja presión. El papel es se-cado a una humedad final aproximada de 5%. Pudiéndose tener posterior-mente una prensa de encolado superficial o "size press", que consiste en un par de rodillos entre los cuales se pasa al papel y donde se le aplica un recubrimiento que generalmente es almidón, el cual le imparte características especiales; este recubrimiento es secado en una sección adicional de secadores. Finalmente, el papel es pasado a una calandra provista de cilindros de metal pulido, donde se le proporcionará el

acabado o satinado deseado para escribir o imprimir sobre la superficie, así como el calibre o grosor deseado. Por último, se enrolla con el fin de ser cortado o reembobinado, según sea el uso al que esté destinado el papel.

C A P I T U L O I I I

GENERALIDADES SOBRE ENCOLADO

I I A . D E F I N I C I O N D E E N C O L A D O

El término encolado se emplea para expresar la resistencia del papel a la penetración de fluidos como el agua, las tintas o en ocasiones los gases. Esta propiedad es de una gran importancia práctica para papeles de escritura, de impresión, de envoltura o empaque, aislantes y muchos otros tipos. Cada uno de estos tipos requieren de un determinado "standard" de permeabilidad, dependiendo del uso final al que esté destinado el papel.

La palabra encolado proviene del uso de la cola animal que solía aplicarse al papel superficialmente, la cual le con-

fiere un determinado grado de impermeabilización, principalmente al agua.

En 1807 Moritz Illig introdujo el encolado en la pasta empleando para ello resinas, ceras y gelatinas animales. Actualmente se emplean con magníficos resultados las resinas para la elaboración de diversos tipos de papeles, siendo por ésto que se les escogió para el desarrollo de este trabajo.

Procesos de Encolado

Los dos principales procesos de encolado son el encolado interno y el encolado superficial. El encolado interno consiste en mezclar homogéneamente el agente encolante con la pasta de fibras. El encolado superficial es la aplicación del agente encolante sobre la superficie del papel ya formado.

El encolado es un factor muy importante en los papeles destinados a la impresión ya que los hará poco, regular o muy absorbentes a la tinta. También es un factor importante en la protección de los papeles de envoltura a las grasas, aceites o a la humedad de los alimentos. El encolado es de gran importancia cuando se va a laminar o a recubrir un papel ya que el grado de encolado determinará la penetración del adhesivo empleado en dichas operaciones.

El tratamiento del papel con encolado interno

tendrá un efecto definitivo en otras propiedades del papel. Un exceso de encolado interno (resina) tenderá a disminuir la brillantez del papel, las resistencias a la explosión, a la tensión, al razgado y al dobléz. También puede disminuir la permanencia del papel ya que le produce decoloración y pérdidas de resistencias con los años.

Tipos de Agentes Encolantes Empleados

Los agentes encolantes empleados en la industria papelera cubren una amplia gama de materiales, incluyendo la cola animal, resinas sintéticas, brea, caseína, alcohol polivinílico, almidón, emulsiones de ceras y otras sustancias similares. Algunas de ellas como la brea saponificada, son utilizadas como agentes encolantes internos exclusivamente y otras como la cola animal, son empleadas únicamente como encolante superficial. Algunos materiales como la cera son empleados para ambos tipos de encolados.

En algunos casos materiales coloidales son empleados en la fabricación del papel con el objeto de incrementar la unión entre las fibras, de mejorar la dispersión de las mismas y de incrementar la retención de las cargas. Almidón, cola, gomas vegetales y el silicato de sodio son algunos de los materiales empleados para esos propósitos.

La brea saponificada y las emulsiones de ceras son

las principales materias primas empleadas como encolantes internos en la fabricación del papel. También se emplean, pero en menores cantidades, el ácido policarboxílico (producto de condensación del anhídrido resino-maleico) y el dímero del keteno. El estearato de sodio es utilizado en el encolado de papeles fotográficos en los que se requieren encolantes químicamente inactivos.

Grados Comerciales de Papeles Encolados

Casi todos los tipos de papeles en la actualidad requieren un determinado encolado. Las características finales del papel dependen en gran parte del tipo de agente encolante empleado y del método de aplicación del mismo.

Los papeles para envolturas y para bolsas deben de ser bien encolados para preservar al papel en presencia de agua. En un papel encolado que posteriormente va a ser recubierto, la cantidad de encolado controlará la absorción de adhesivos y de humedad del recubrimiento sobre el cuerpo del papel. En papeles de seguridad (cheques, bonos, etc.) el grado de encolado debe ser mantenido al valor adecuado para que la cantidad de tinta con que se va a imprimir sea absorbida uniformemente por el papel y proporcione una reacción con los agentes químicos de seguridad pero que no afecten las cualidades de impresión del papel.

Algunos de los diferentes tipos de papeles comerciales encolados se enumeran en la tabla I; también se mencionan los propósitos del encolado interno, superficial o ambos:

T A B L A I

TIPOS DE PAPELES ENCOLADOS *

TIPO DE PAPEL	TIPO DE ENCOLADO	PROPOSITO DEL ENCOLADO
Para Dibujo	Interno y de Superficie	Para prevenir la absorción rápida de la tinta o pintura acuosa. Para impartir mejor acabado y <u>re</u> sistencias al borrado. Para <u>evi</u> tar que se corra la tinta (plumeados).
Para Escritura	Interno y de Superficie	Para prevenir el plumeados y la penetración de la tinta; para <u>im</u> partir resistencias, acabado y rigidez.
Para Formas	Interno	Para reducir la absorción de la tinta.
Para Gráficas	Interno y de Superficie	Para prevenir el plumeados y la penetración; para reducir la expansión del papel.
Para Offset Litográfico	Interno y de Superficie	Para prevenir la absorción excesiva del agua del sistema y el desprendimiento de las fibras ocasionado por el jalón de la tinta.

Para Envoltura Kraft	Interno	Para impartir resistencia al agua y proteger el contenido del papel; para prevenir las pérdidas de resistencias.
Para Tapiz (de Paredes)	Interno	Para darle receptividad de impresión; para retener las resistencias de la hoja durante el empastado y el colocado.
Base para ser Recubierta	Interno	Para controlar la penetración del adhesivo del recubrimiento en el papel.
Para Forros en Cartones Laminados	Interno	Para controlar la penetración del adhesivo de laminación.
Para Barnizar	Superficial (a menudo recubiertos)	Para prevenir una excesiva penetración del barniz.

* Fte.: Casey, J. Pulp and Paper Chemistry. Vol. II, Interscience, 1965

FACTORES QUE AFECTAN AL ENCOLADO

Varias propiedades fundamentales afectan el valor final del encolado. Es de gran interés y ayuda el estudiar dichas propiedades individualmente desde un punto de vista práctico; pruebas empíricas son empleadas convenientemente para medir el valor del encolado.

Todas las pruebas empíricas de encolado, son dependientes de diferentes variables. Algunas de esas variables son de fluidos, como su viscosidad, temperatura y propiedades coloidales. Otras variables pertenecen a las propiedades físicas del papel. Muchas propiedades diferentes influyen en el valor de encolado, al punto que dos hojas con el mismo encolado difieren en sus propiedades físicas.

Efecto de la Tensión Superficial

Las características de humectación y de esparcimiento del líquido con que el papel es puesto en contacto juega un factor muy importante en la determinación del encolado. Si un líquido es esparcido sobre la superficie fibrosa, la tensión superficial del líquido será menor que sus fuerzas de adhesión hacia las fibras o en otras palabras, la afinidad de las moléculas del líquido son menores que la atracción ejercida por las fibras. La tensión superficial de las fibras debe ser mayor que la suma de tensiones superficiales del líquido, así la tensión interfacial producirá una capa uniforme. Si la tensión superficial de las fibras es menor que las tensiones interfaciales y líquidas combinadas, se formará un ángulo de contacto

definitivo entre el líquido y la fibra, y el valor de ese ángulo dependerá de la diferencia en las tensiones.

Los agentes encolantes incrementan el ángulo de contacto formado entre el agua y el papel. Así, midiendo el ángulo de contacto, tendremos una forma muy sencilla de medir el valor del encolado; dicho método se menciona posteriormente entre los métodos de medición del encolado.

La cantidad de penetración de los líquidos dentro del papel dependerá del radio entre la tensión superficial del líquido y el ángulo de contacto formado entre el líquido y las fibras. La tensión superficial o succión capilar, es la fuerza que tiende a empujar al líquido hacia los vasos capilares de la hoja. El ángulo de contacto determina la componente de la succión capilar que es efectiva a lo largo del eje de las equis de los vasos capilares o en otras palabras, el componente de la fuerza tiende a chupar al líquido hacia el interior de la hoja. Debido a que los agentes encolantes aumentan el ángulo de contacto, reducen la componente de la fuerza capilar, dificultando la absorción del líquido. A un ángulo de contacto de 180° , la succión capilar será igual a cero y el fluido no penetrará del todo.

La penetración inicial del líquido en el papel es grandemente afectada por el grado de humectación de las fibras por el líquido penetrante. Cuando las fibras superficiales son humedecidas, el agua fluye a través del papel mucho más ágilmente que en la

penetración inicial, y el flujo dependerá de la cantidad de fibras que sean removidas en el otro lado de la hoja.

Efecto de la Porosidad

El papel puede ser considerado como un sistema capilar con poros interconectados que son irregulares en tamaño y forma. El sistema consiste de poros relativamente largos ubicados entre las fibras y poros intrafibrosos mucho más pequeños, así como grietas intrínsecas de las fibras. Para que el líquido pueda penetrar al papel, debe de pasar por el sistema de poros capilares y, consecuentemente, la porosidad o el tamaño de los poros en el papel son factores muy importantes que afectarán el valor del encolado. Indudablemente, la mayor parte de la penetración tiene lugar en los poros interfibrosos debido a su mayor longitud, comparados con los poros intrafibrosos.

Un encolado efectivo dependerá también de los poros capilares pequeños, ya que la succión capilar es inversamente proporcional al diámetro del poro. La variación en el diámetro del poro entre 1 y 30 micras significará que la succión capilar podrá variar de 100 a 3,000 cm. en la presión del agua en un ángulo de contacto cero.

Calibre del Papel

El calibre o grosor del papel es un factor muy

importante para determinar el tiempo requerido por un determinado líquido en penetrar completamente el papel. Teóricamente el tiempo de penetración deberá incrementarse al cuadrado del calibre del papel, pero en el caso de penetrantes acuosos, ésto será válido sólo para papeles poco o débilmente encolados y no para papeles fuertemente encolados. Con papeles fuertemente encolados, el encolado incrementará muy cerca del cubo del calibre de la hoja, probablemente debido al hecho de que un gran porcentaje de penetración tiene lugar a través de poros intrafibrosos. Por otro lado, la resistencia del papel a la penetración de vehículos de aceites variará al cuadrado del calibre de la hoja.

X

Cantidad de Penetración (Fórmula)

Se ha mencionado el grado de penetración cualitativamente de un líquido a través del papel; ahora mencionaremos que es posible medir cuantitativamente este grado de penetración basado en los trabajos realizados por R. M. Cobb y D. V. Lowe, publicados en la Technical Association Papers:

$$l^2 = \frac{r \cos \theta t}{2\mu}$$

donde:

l^2 = profundidad de penetración del líquido [cm.]

r = radio del poro [cm.]

σ = tensión superficial del líquido penetrante [dinas/cm.]

θ = ángulo de contacto

t = tiempo de penetración [seg.]

μ = coeficiente de viscosidad del líquido [poises]

Cabe hacer notar que esta fórmula es válida únicamente para líquidos y no para suspensiones coloidales.

El grado de penetración es grandemente influido por la temperatura del líquido penetrante, debido principalmente a la reducción de viscosidad a causa de las altas temperaturas. Wink y Van den Akker encontraron en sus estudios de penetración del agua a través de un papel aislado, que la exposición de una hora a 130°F es equivalente a la exposición de 16 horas a 100°F.

MÉTODOS PARA MEDIR EL ENCOLADO

Actualmente existen muchos métodos para medir el encolado; en su mayoría son métodos empíricos, que se ven influidos por la composición, el área y el grosor de la muestra de papel que va a ser medida. Los métodos pueden ser clasificados en dos categorías: directos e indirectos.

Los métodos directos se basan en la observancia de la penetración de un líquido acuoso a través del papel. En algunos ca sos, la penetración puede ser determinada pesando la muestra, en lugar

de usar la percepción visual.

Los métodos indirectos se basan en los cambios de propiedades del papel a consecuencia de la penetración del agua dentro de la estructura de la hoja. El grado de penetración es determinado midiendo dichas propiedades. Un ejemplo es el uso de los cambios de la conductividad eléctrica de la hoja para indicar la cantidad de penetración del agua que puede o no transportar a una carga electrolítica.

Los métodos pueden ser clasificados si el punto final es determinado por el tiempo, o por el grado o magnitud de penetración del líquido de prueba. El método "Ink Flotation Test" y el "Cobb Test" son los ejemplos respectivos de métodos basados en esas propiedades.

Es muy importante, cuando se describan las propiedades de encolado de un papel, mencionar el método con que fué probado, ya que se obtienen diferentes valores en cada método empleado.

Es de importancia práctica mencionar los fundamentos en que se basan los principales métodos para medir el encolado interno del papel, ya que de esta manera se podrán apreciar más ampliamente las características que el encolado brinda al papel para su uso final.

Método de la Gota "Drop Test"

Es una prueba para la resistencia superficial del papel hacia el agua, pero en algunos casos el interior de la hoja puede influir en la prueba. Esta consiste en depositar una pequeña cantidad de agua en la superficie de la muestra mediante una pipeta, tomando el tiempo que tarda la gota en ser absorbida por el papel. Si el tiempo de absorción es de varios minutos se recomienda que la gota sea cubierta con un vidrio de reloj para evitar su evaporación. Este es un método recomendable para medir papeles absorbentes y para cartones de bajo encolado.

Método del Flotado en Agua

Codwise estudió el encolado haciendo flotar una muestra de papel en agua (la temperatura del agua varía de 22°C a 66°C); pero al no emplearse un indicador efectivo para facilitar la observación cuando la humedad aparece en el lado superior del papel, no se puede considerar como un método seguro.

Método de Cobb

Cobb y Lowe desarrollaron un método que se basa en medir el agua absorbida por el papel en un período determinado de tiempo. En esta prueba, un anillo circular de metal (7.5 cm. de altura y

10 cm. de diámetro interior) es colocado aprisionando una muestra de papel previamente pesada y a la que se agrega un volumen de agua medido (generalmente 75 c.c.). Después de un período definido de tiempo, el agua es derramada y el residuo se remueve del papel por medio de un papel secante; volviéndose a pesar la muestra. La diferencia en el peso es reportada como la cantidad de agua, en gramos, que es absorbida por 100 cm² de papel.

Método de Carson o del Enroscamiento

F. T. Carson desarrolló el método que consiste de una tira de papel que es humedecida de un lado con agua y anotándose el tiempo en que tarda la tira de papel en efectuar su máximo enroscamiento al ser humedecida; lo cual nos dará la tendencia del papel al enroscamiento, y el tiempo que se tarde nos dará el valor del encolado.

El tiempo para alcanzar el enroscamiento máximo es determinado por el tiempo requerido por el agua para penetrar a la mitad del grosor del papel después de estar en contacto con el agua.

Método del Indicador Seco

En un esfuerzo por desarrollar un método que pueda medir únicamente la transudación del agua a través de una hoja de papel, Carson desarrolló el método del indicador seco. El método consiste

en que cuando una anilina en polvo soluble en agua es mezclada con azúcar en polvo y es humedecida la mezcla, ésta se colorea. Cuando un lado del papel es expuesto al agua y el indicador en polvo está del otro lado, el desarrollo de color en el indicador significa que el agua ha pasado a través del papel y el tiempo en que ésto se verifica indicará el valor de encolado que tenga el papel.

Método de la Fluorescencia

Van den Akker, Nolan, Dreshfield y Heller desarrollaron el método fluorescente empleando un indicador no higroscópico. El método se basa en el principio de que ciertas anilinas como la Rodamina 6GX y la Uranina B fluorescen bajo los rayos de la luz ultravioleta cuando están en una solución de baja concentración; es decir, el agua debe de pasar a través de la hoja en la cantidad adecuada para disolver la anilina en una concentración lo suficientemente baja para producir la fluorescencia mediante la luz ultravioleta.

Método de Currier

El método de Currier se basa en las diferencias entre la capacidad de conductividad eléctrica del papel húmedo y la de el papel seco. La muestra es colocada en un plato metálico y cubierta por un disco sobre el cual se coloca una botella invertida con agua destilada. El plato metálico es conectado a una batería que da

una energía eléctrica de 1mA. El encolado es medido en términos del tiempo requerido por la corriente en alcanzar un amperage determinado. Este método tiene la ventaja de que el punto final es medido instrumentalmente y no por apreciaciones subjetivas.

Método del Angulo de Contacto

Cobb y Lowe encontraron que únicamente papeles encolados que alcancen un determinado ángulo de contacto entre una gota de agua y el papel son verdaderamente efectivos contra vehículos acuosos. Lafontaine desarrolló un método para efectuar la medición con facilidad y precisión, el cual ha sido evaluado por Codwise.

El ángulo medido es el efectuado por una gota de agua, de tinta o de otro líquido después de 5 segundos de estar en contacto con el papel. El ángulo reportado es el de un lado de la gota; medido mediante una tangente de la superficie de la gota hacia el punto de contacto con el papel. El ángulo de contacto será mayor cuando la gota alcance una forma esférica. (Ver Fig. #1)

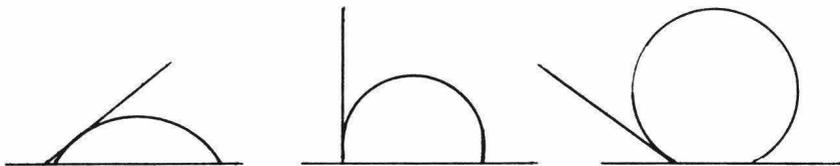


FIG. #1 Angulos de contacto en las superficies de papeles.
(A) Ángulo agudo. (B) Angulo de 90°. (C) Ángulo obtuso.

Lafontaine encontró que el calandreado tiene una influencia definitiva en el ángulo de contacto; a mayor calandreado (satinado), menor será el ángulo; ya que se altera la cantidad de fibras sin encolar en la superficie y aumentará la cantidad de aire atrapado bajo la gota.

Método de la Penetración con Tinta para Escritura "Ink Flotation Test"

Este método es uno de los más comunmente empleados debido a que es muy sencillo; consiste en cortar una muestra, doblarle los lados hacia arriba y hacerla flotar en tinta normal para escritura a una temperatura controlada y tomar el tiempo en que se colorea la superficie de la muestra.

Un inconveniente de esta prueba es lo indefinido del punto final, ya que serían diferentes las apreciaciones entre dos o más operadores. Otro inconveniente sería el que la penetración del vehículo acuoso que contiene la tinta es más rápido a través del papel que el progreso del color; lo que haría que se esté midiendo en realidad la capacidad de absorción del papel a la anilina de la tinta.

Willson estudió el mecanismo de la penetración de las tintas de escritura en el papel, y sugiere que los compuestos de aluminio en el papel coagulan la anilina que la tinta contiene.

Actualmente, éstos son los métodos que más comúnmente se emplean en la Industria del Papel para medir el encolado; existen algunos otros métodos, pero se les emplea en menor escala.

COLOFONIA PARA EL ENCOLADO

La colofonia ó resina es una sustancia natural generalmente obtenida mediante exudación de los pinos. Es una mezcla compleja constituida por un ochenta a noventa por ciento de ácidos resínicos con un diez a veinte por ciento de materia neutral. La colofonia se encuentra comercialmente en varios colores que van desde un amarillo pálido hasta un rojo profundo, dependiendo de la clase de pino del que se haya extraído y de su proceso de obtención.

Las industrias de productos resinosos existentes en el mundo producen cerca de un billón de kilogramos de colofonia anualmente para su uso en diversos productos como papel, hule, tintas de impresión, pinturas, adhesivos, jabones y desinfectantes principalmente. El principal consumo de la colofonia es en la industria papelera.

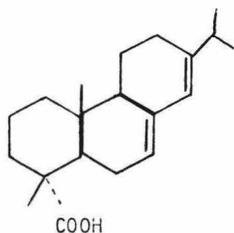
Los tres principales tipos de resina colofonia son:

- 1.- Resina de goma, "Gum Rosin" - obtenida por destilación del exudado de pinos.
- 2.- Resina de madera "Wood Rosin" - obtenida a partir de la refinación del solvente extraído de pinos viejos.
- 3.- Resina "Tall Oil" - obtenida de la destilación fraccionada del "Tall Oil", subproducto obtenido en la fabricación de la celulosa al sulfato.

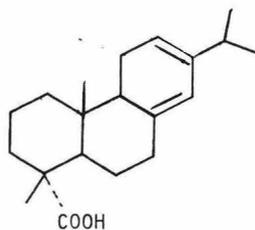
Las tres resinas colofonia básicas difieren en algunas de sus propiedades pero, si se les trata y modifica apropiadamente, pueden ser intercambiables para ser empleadas como encolantes.

Fracción Ácida de la Colofonia

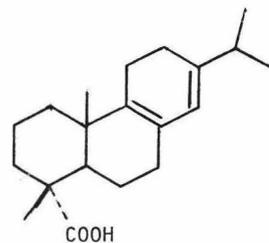
El mayor constituyente de la resina colofonia (cerca del 90%) es un grupo de ácidos orgánicos policíclicos denominados ácidos resínicos. Las principales propiedades de la colofonia son dependientes de dichos ácidos. Los ácidos resínicos son diterpenos monocarboxílicos derivados de los hidrogenantrenos alquilados. Ellos están clasificados en dos grupos: el tipo abiético y el tipo pimárico. Las estructuras de las colofonias ácidas se muestran a continuación (Fig. 2).

TIPO ABIETICO

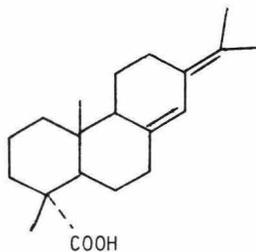
Acido Abiético



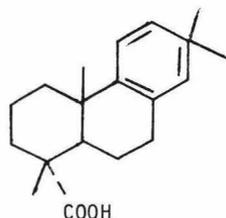
Acido Levopimárico



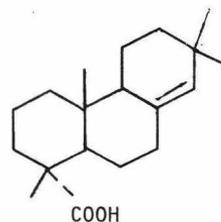
Acido Palústrico



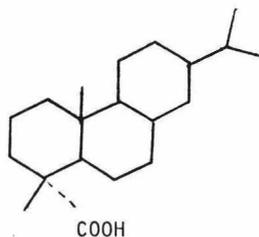
Acido Neoabiético



Acido Dehidroabiético



Acido Dihidroabiético



Acido Tetrahidroabiético

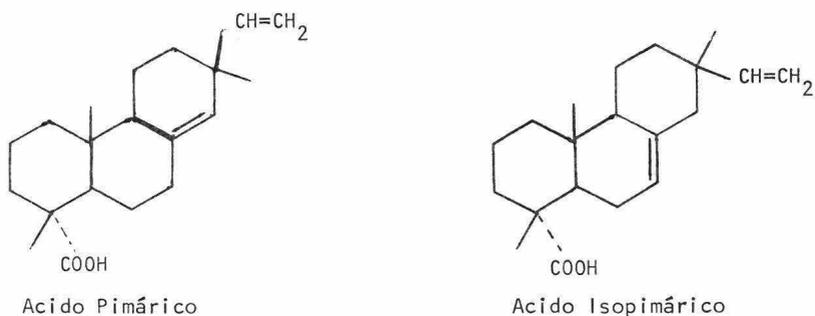
TIPO PIMARICO

Fig. 2.- Fórmulas de los ácidos resínicos
(Tipo Abiético y Tipo Pimárico)

Las cantidades encontradas en los diferentes ácidos de los tres tipos de resinas colofonia son aproximadamente iguales. En general, la colofonia de goma, "Gum Rosin", tiene el más alto contenido de ácido abiético que las otras dos colofonías. La colofonia "Tall Oil" tiene el más alto contenido de ácido dehidroabiético.

Fracción Neutra de la Colofonia

La fracción no ácida de la colofonia es la menos conocida y juega un papel menos importante en las propiedades del encolado. La propia cantidad y el tipo de materia neutral tienen un efecto benéfico en el encolado. Las fracciones neutrales no han sido debidamente identificadas, pero se sabe que consisten principalmente de ésteres de la resina, de ácidos grasos y de alcoholes de alto peso molecular.

Las fracciones neutrales dependerán de la proveniencia de la resina y del método de obtención; también podrá contener algunos alcoholes, ketonas e hidrocarburos.

Propiedades Físicas y Químicas de la Colofonia

La resina colofonia es insoluble en agua, color ámbar, es un sólido amorfo a temperatura ambiente. Es soluble en solventes orgánicos como el eter, alcohol, hidrocarburos e hidrocarburos clorinados. Algunas de sus características básicas se mencionan en la tabla #2: *

Resina	Resina de Goma	Resina Tall Oil	Resina de Madera	Resina FF	Resina B-Madera
Número ácido	164	167	166	153	119
Número de Saponificación	172	174	172	165	153
Materia insaponificable %	8	7	6	8	12
Acidos grasos %		L5			
Color (U. S.)	WW	WG	WG	FF	Obscuro
Punto de reblandecimiento (ASTM) °C	76	77	76	74	83
Indice de Refracción, n_d^{20}	1.541	1.540	1.545	1.552	
Densidad, d_4^{20}	1.07	1.07	1.07	1.09	1.14

* Fte.: Internal Sizing of Paper and Paper Board, T.A.P.P.I., N° 33, 1971.

Color de la Colofonia

En los últimos tiempos, la principal variación significativa en la colofonia ha sido el color. Otras propiedades, como son el punto de reblandecimiento y el número ácido, que son significativos en los usos modernos, han variado poco y ha sido necesario efectuar criterios para graduar el color de la colofonia.

Los grados comerciales de la resina colofonia han sido establecidos por el USDA (United States Department of Agriculture) y son en orden creciente de color: X, WW, WG, N, M, K, I, H, G, F, E y B (Fig. #3). Cuando estos grados fueron originalmente establecidos para la resina de goma, ellos también se aplicaron a las resinas de madera y tall oil, con excepción de la resina FF y B-Madera que fueron referidas al tipo más que al color. El color de la resina FF y B-Madera es más oscuro y rojizo.

Punto de reblandecimiento de la Colofonia

La resina colofonia no tiene punto de fusión, pero calentándola gradualmente se reblandece hasta licuarse; ésta es una propiedad muy importante pues así se obtendrá una viscosidad específica para su uso conveniente. El punto de reblandecimiento varía debido a la cantidad y tipo de fracciones neutrales, dímeros de la resina, ácidos grasos y para las colofonias oscuras la cantidad de gasolinas insolubles (porciones altamente oxidadas) presentes.

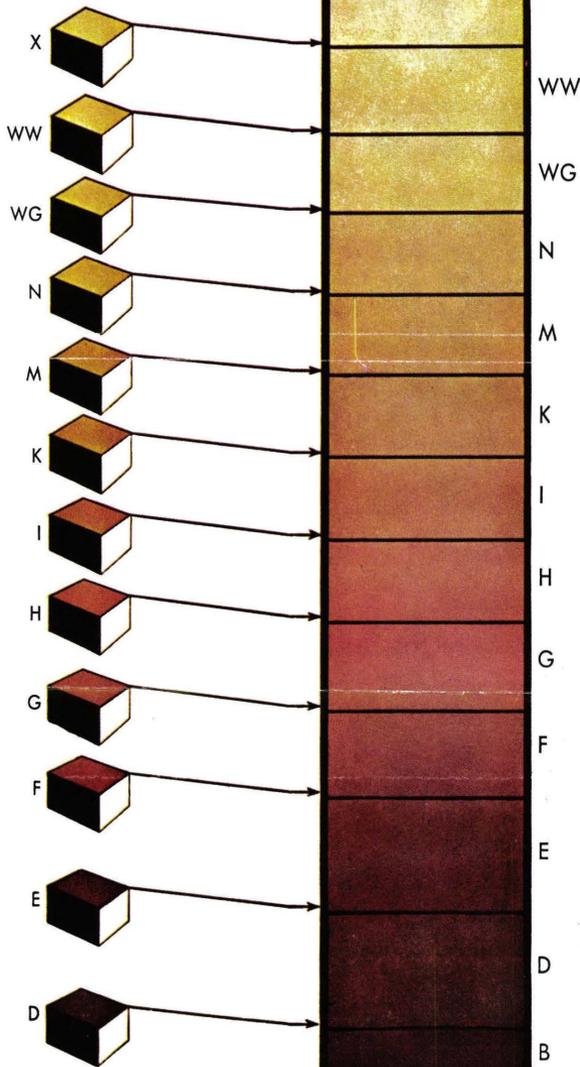
Figura 3

ESCALA II

Carta de Color
de la
Colofonia y del Abietato
de Sodio

ESCALA I

ESCALA I
Reproducción aproximada
de colores del "Standard
Glass Color Cubes", apro-
bados por el U. S. D. A.



ESCALA II
La escala continua de co-
lores está basada en los
colores mostrados en la
Escala I.

Número Ácido de la Colofonia

La otra propiedad comunmente usada para caracterizar a la resina colofonia es el número ácido. El número ácido es la cantidad en miligramos de hidróxido de potasio que se requieren para neutralizar un gramo de resina. El ácido abiético tiene un peso molecular de 302, por lo tanto tiene un número ácido de 185 ($1/302 \times 56 \times 1000=185$). Los ácidos resinicos varían su número ácido de 183 a 187 aproximadamente; siendo el número ácido el contenido de acidez de la resina colofonia.

Grupo Carboxílico de la Colofonia

El grupo carboxílico del ácido resinico está colocado en una posición altamente bloqueadora como resultado del grupo metil adyacente. Reacciones típicas como la esterificación son debidas a la presencia del metil, muy difíciles de llevarse a efecto. El ácido resinico también es muy débil. Con los metales alcalinos, la resina colofonia forma jabones solubles en agua.

El carboxil juega un papel muy importante en el encolado: (1) Con la sal formada mediante un metal alcalino, la resina colofonia se vuelve soluble en agua permitiendo su adición al sistema acuoso. (2) En la reacción con el aluminio es convertida a una sal de aluminio y la resina es precipitada e impartida con una carga positiva que resultará en la adsorción y retención en la superficie de la fibra celulósica cargada negativamente (Ver Teoría Eléctrica del Encolado).

Núcleo Hidrocarbónico de la Colofonia

El grupo de tres anillos hidrocarbónicos de la molécula del ácido resinico es hidrofóbica, brindando la repelencia al agua, característica necesaria para el encolado.

El ácido levopimárico, con sus dos dobles ligaduras conjugadas en el mismo anillo, pueden reaccionar con compuestos carbónicos α, β insaturados en una reacción de Diels Alder. Esta reacción es la base para preparar encolantes fortificados mediante la adición del anhídrido maléico, ácido fumárico y ácido itacónico principalmente. La cantidad de ácido levopimárico en la resina es pequeña, encontrándose en equilibrio con los otros ácidos abiéticos y bajo condiciones apropiadas es reemplazado para usarse como se muestra en la Fig. #4.

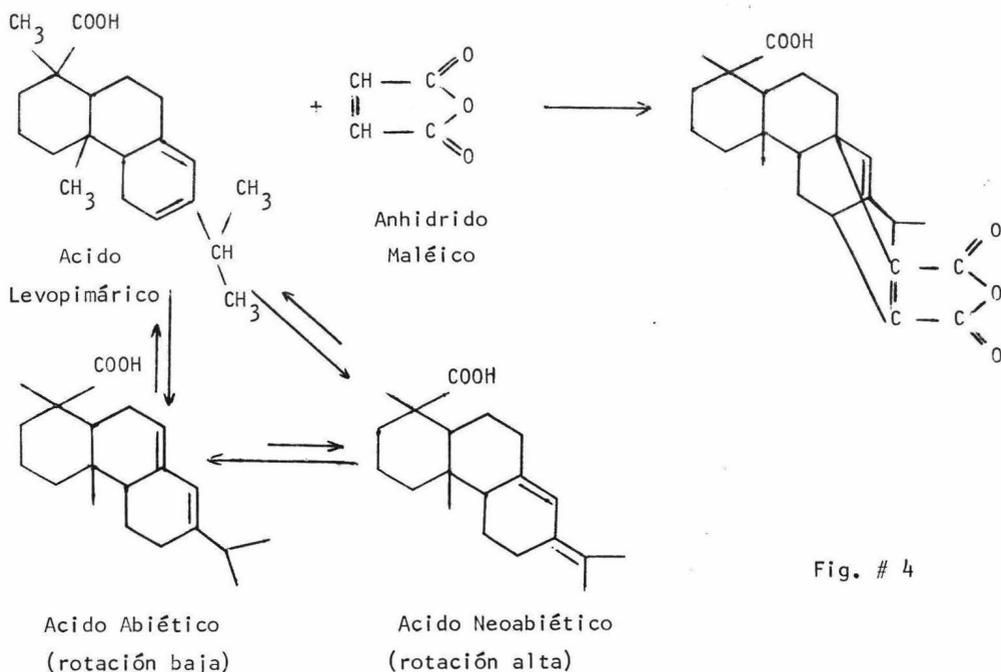


Fig. # 4

Por este método todos los tipos de ácidos abiéticos de la resina pueden ser empleados para efectuar la adición Die's Alder. Debido a que el producto de la reacción entre el ácido pimárico y el anhídrido maléico no tiene características hidrofóbicas, no se le emplea como encolante solo; pero cuando está presente en una cantidad apropiada incrementará el grado de encolado que puede ser obtenido de un kilogramo de resina y reducirá el costo del encolado. El encolado efectuado con resinas fortificadas tiene propiedades físicas similares a los encolados preparados con resinas no fortificadas y pueden ser utilizadas de la misma forma.

SULFATO DE ALUMINIO

El sulfato de aluminio le dá más durabilidad al papel y una mejor receptibilidad a la tinta.

El sulfato de aluminio es obtenido principalmente de la bauxita y de la arcilla. La bauxita es un óxido de aluminio hidratado, producto de la descomposición de la roca feldespática. En el proceso de producción, primeramente se muele el mineral a una determinada finura, posteriormente se carga en un digestor resistente a los ácidos, ya que la digestión se verifica con ácido sulfúrico a una temperatura elevada durante varias horas, produciéndose la siguiente reacción:



Después de que la reacción es considerada completa, la solución de sulfato de aluminio es separada de la materia inerte residual, clarificada y posteriormente ajustada a una fuerza comercialmente empleada, mediante la adición de agua.

Para papeles especiales que requieren una limpieza extrema y estar libres de partículas de fierro, se emplea el sulfato de aluminio libre de partículas de fierro (50 ppm); que puede ser obtenido mediante el uso del hidrato de aluminio purificado, ácido libre de fierro y equipo no ferroso. El proceso de obtención es muy parecido al que se usa para obtener el sulfato comercial.

III B.- PROCESO DE ENCOLADO

El encolado interno del papel es efectuado para retardar o prevenir la penetración de líquidos acuosos en su estructura. Esto se efectúa comunmente haciendo reaccionar un agente encolante, como la resina colofonia parcialmente saponificada, la resina fortificada o una mezcla de resina y cera, con el sulfato de aluminio en presencia de la pulpa celulósica.

El procedimiento usual es el de agregar el encolante a la pulpa, y después de mezclarlos, agregar el sulfato de aluminio. Al producto de la reacción del encolante y el sulfato de aluminio se le llama precipitado del encolado, y es un flóculo voluminoso cuya composición varía con las condiciones de la precipitación. El precipitado no se distribuye uniformemente en la superficie de las

fibras, pero es retenido en partículas más o menos pequeñas, aisladas o en grupos. Las dimensiones de las partículas, su retención y su distribución en las superficies celulósicas no ligadas causan variaciones en la eficiencia del encolado que a menudo desconciertan a los investigadores y a los fabricantes de papel.

Mecanismo del Encolado

Se puede decir que el encolante más usual y económico en la industria papelera es la brea colofonia, parcialmente saponificada. Esta brea necesita un catión para su precipitación sobre la fibra y de esta manera elevar su ángulo de contacto con respecto a los líquidos; o sea, aumentar su resistencia a la penetración de dichos líquidos.

Por medio de investigaciones se ha encontrado que los cationes trivalentes reaccionan en forma más enérgica que los monovalentes y divalentes; formando con los ácidos grasos una película rígida y en el caso del encolado, el catión más adecuado es el aluminio.

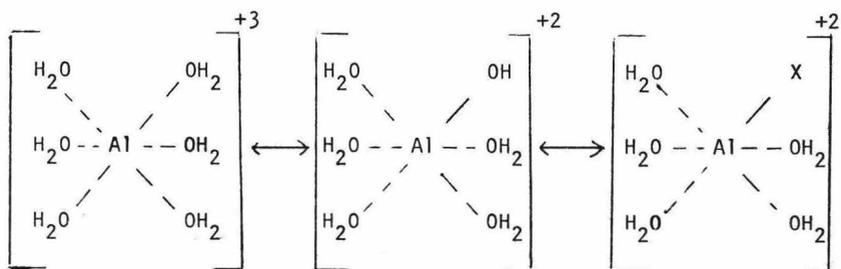
Teoría de la Coordinación y Teoría Eléctrica

Se han desarrollado dos teorías que tratan de explicar el mecanismo del encolado, siendo éstas la Teoría de la Coordinación y la Teoría Eléctrica.

La Teoría de la Coordinación se basa en el número

de coordinación, o sea el número de moléculas de agua que es capaz de adsorber un catión, el cual depende de la naturaleza y magnitud de dicho catión. En el caso del aluminio, éste tiende a adsorber seis moléculas de agua formando el hexahidrato.

De acuerdo con Thomas, la hidrólisis de una sal de aluminio se lleva a cabo en la siguiente forma:



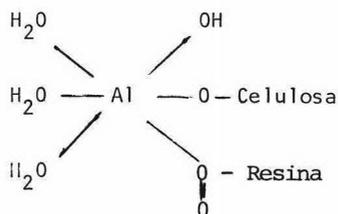
Primero se forma el ión hexa-aquo-aluminio con tres valencias positivas; pasando posteriormente a ión penta-aquo-hidroxi-aluminio, con dos valencias positivas.

Un ión X podrá desplazar un oxhidrilo o una molécula de agua para formar el ión penta-aquo-X-aluminio, dependiendo de su afinidad de coordinación comparada con la del anión o molécula que se encontraba coordinado originalmente en esa posición.

Thomas encontró que la afinidad de coordinación con el aluminio para los aniones más comunes es la siguiente, en orden creciente:

Nitratos
 Cloruros
 Sulfatos
 Acetatos
 Tartratos
 Citratos y Oxalatos
 Oxhidrilos

Es obvio que los aniones menos fuertemente coordinados al aluminio serán los más fácilmente desplazables por la celulosa y el encolante aniónicos, encontrándose en este caso el anión sulfato. Como se puede observar en la tabla anterior, con excepción del oxhidrilo, los aniones inorgánicos tienen muy poca afinidad de coordinación con el aluminio, pero un exceso de ellos en el sistema puede ser perjudicial; ya que reducen el potencial electrocinético de la pulpa encolada, lo que se verá posteriormente al tratar la Teoría Eléctrica. Al llevarse a cabo las reacciones del encolado, se va eliminando el ión aluminio, mientras que el ión sulfato va aumentando considerablemente. Aplicando esta teoría, la resina y la celulosa se coordinarán al aluminio central.



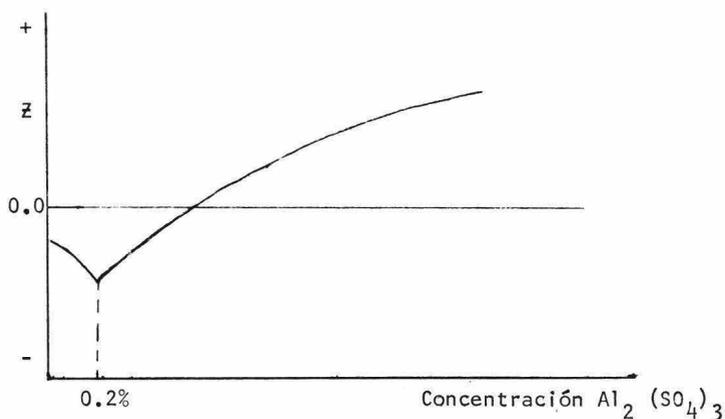
La afinidad de coordinación aumenta en relación directa con la magnitud de la molécula y con el número de oxhidrilos que contenga. La brea posee únicamente un grupo COOH coordinable, por lo que en la actualidad se tiende a reforzarla, como se mencionó anteriormente, haciéndola reaccionar con anhídrido maleico, proporcionándole un número mayor de oxhidrilos. La celulosa en cambio, es una molécula grande con varios oxhidrilos; por lo que se le puede considerar como un anión altamente coordinable.

Al efectuarse esta coordinación se obtendrá un complejo de hidrato de aluminio-resina-celulosa; aunque en realidad este fenómeno es más complicado ya que el ión aluminio en solución diluida tiende a formar moléculas de mayor magnitud.

La Teoría Eléctrica del encolado fué postulada por E. F. Thode y S. Htoo como conclusión de sus experimentos para obtener la carga superficial o "potencial Z" de las fibras encoladas por medio de una técnica especial de movilidad electroforética. Los resultados indican que la pulpa dispersada con 3% de sulfato de aluminio presenta una carga negativa ($Z = -4.1$ mv.), pero que al encontrarse también presente 2.4% de resina se tornará positiva ($Z = +7.9$ mv.); por lo que se concluye que el ión aluminio hidratado se adsorbe primero con la resina formando un complejo positivo; el cual se podrá precipitar sobre la celulosa negativa.

Se ha demostrado que la celulosa se carga positivamente a altas concentraciones de sulfato de aluminio, mientras que a

concentraciones bajas permanece negativa. En la gráfica #3 se puede observar que es beneficioso para el encolado agregar una pequeña cantidad de sulfato de aluminio (0.2% sobre fibra) antes de añadir la brea, ya que en esta forma se tendrá la fibra francamente negativa. En la práctica se ha encontrado que este punto se encuentra aproximadamente a un pH de 6.8.



Gráfica # 3 *

De las Teorías Eléctrica y de la Coordinación se puede concluir que el encolado del papel se lleva a cabo en dos pasos:

1.- Formación de un complejo resina aluminio, hidratado por fenómeno de coordinación.

2.- Precipitación de dicho complejo sobre la celulosa por fenómeno de atracción de cargas contrarias y/o por coordinación.

* Fte: Lippert, W.E., A.T.C.P. 4, 2P, 37 (1964)

Composición del Precipitado en el Encolado

Los investigadores no se han puesto de acuerdo sobre la composición química del precipitado. Robinson y Jayme afirman que es un triabietato de aluminio; posteriormente Jayme y Seidel afirman que hay monoabietatos y diabietatos y ácidos libres; Back y Steenberg encontraron que hay una mezcla equimolar de diabietato de aluminio y ácido abiético; otros como Ekual y Bruun encontraron que es un mono-resinato dibásico de aluminio. En lo que ha habido concordancia es en lo siguiente:

1.- Los componentes del precipitado encolante no son estequiométricos, pero consisten de mezclas de abietatos de aluminio, de ácidos resinoicos libres y sustancias resinoicas neutrales.

2.- Los abietatos de aluminio producen una energía superficial más pequeña que la de la resina y son los principales responsables del encolado obtenido. Se considera que el diabietato de aluminio es el mayor componente, pero la presencia de algún monoabietato no es descartada.

Guide, R. G. sintetizó en tres requerimientos, los factores básicos para obtener un buen encolado:

1.- La composición química del encolante precipitado debe tener una energía superficial baja o una tensión superficial sólida. Esto determinará la humectabilidad de la superficie del papel.

2.- El encolante precipitado debe ser uniforme-

mente retenido en las superficies de las fibras de la pulpa.

3.- Durante la operación de secado del papel, el encolante precipitado retenido se debe de convertir en substancia estable que tenga una energía superficial baja (tensión superficial). Este requerimiento deberá coincidir con los líquidos que especialmente van a estar en contacto con el papel; por ejemplo, el encolado para líquidos alcalinos no puede estar hecho a base de brea y sulfato de aluminio, debido a que reaccionarían el álcali y el encolante. La cera o encolantes sintéticos son los recomendados ya que son químicamente inactivos.

C A P I T U L O I V

FABRICACION DEL ABIETATO DE SODIO

Los encolantes son básicamente resinas formadas con sales de metales alcalinos y con resinas modificadas. Siendo insolubles en agua, las resinas deben ser convertidas en una sal soluble en agua para poder ser adicionadas al sistema acuoso de la fabricación del papel.

Los encolantes son producidos en tres formas físicas: a) pastas, b) polvos y c) emulsiones.

a) El encolante en pasta es el que se proyecta elaborar en la fábrica de papel por no ser necesario someterlo a un proceso de secado, que elevaría su costo, y por ser más fácilmente alimentado al sistema de fabricación; ya que está constituido con un 60-70% de agua y con un 7-8% de acidez libre; que según la práctica son las mejores condiciones para obtener un buen encolado.

La pasta es viscosa a temperatura ambiente, volviéndose ligeramente fluida a temperaturas superiores a los 40°C.

b) El encolante en polvo con un contenido de humedad inferior al 10% es soluble en agua. Prácticamente no contiene acidez libre; razón por la cual se le desecha para este anteproyecto.

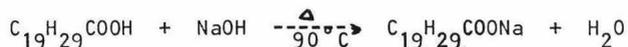
c) Los encolantes emulsificados de alto contenido de abiético libre son dispersiones coloidales de abietatos que contienen cerca de un 30% de sólidos. Bajo algunas condiciones las emulsiones de alto contenido de abiético libre son más eficientes que los otros tipos de encolantes.

MANUFACTURA DEL ENCOLANTE EN PASTA

Para convertir la brea colofonia en una pasta de abietato de sodio, se hace reaccionar la brea derretida a 90°C con la cantidad adecuada de una solución acuosa de hidróxido de sodio (sosa cáustica) ó de carbonato de sodio. Cuando la reacción llega al punto de ebullición del agua, la mezcla se vuelve viscosa formándose espuma violentamente debido a la liberación del vapor. La reacción con la sosa ocurre de inmediato; en cambio, con el carbonato de sodio la reacción es bastante más lenta y el "batch" debe calentarse aún más para remover el bióxido de carbono remanente y así completarse la saponificación.

Debido a estas causas y a las eficiencias y calidades del producto obtenido es que se emplea generalmente la sosa para obtener el abietato de sodio, y muy poco se emplea el carbonato de sodio. Cuando el cocimiento es completado, el "batch" es muestreado y, si es necesario, se efectúan ajustes para obtener el total de sólidos y el número ácido deseados.

En la práctica se ha encontrado que al reaccionar 29 partes de sosa al 40%, con 100 partes de colofonia tipo W-W, con un contenido de 83.00 partes de ácido abiético y 250 partes de agua se efectúa la reacción siguiente:



obteniéndose abietato de sodio con las siguientes características:

Sólidos Totales	33
% Agua	67
% Acido Abiético Libre	7.20
Sosa Combinada	3.80
Relación Acido-Sosa	1.89
Acido Abiético Combinado	27.76
Acido Abiético Total	34.96

que son los valores más apropiados para obtener un buen encolado.

C A P I T U L O V

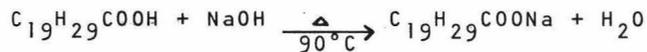
DISEÑO DE LA PLANTA

Como se señaló inicialmente, se proyecta elaborar el abietato de sodio en la fábrica de papel debido a que se le requiere con óptima calidad y pureza. La producción diaria de papel promedio es de 65 toneladas; proyectándose también proporcionar el encolante a otra fábrica de la misma empresa que se encuentra en el interior del País y que

tiene una producción diaria promedio de 65 toneladas. lo que hace una producción conjunta de 130 toneladas diarias.

Para efectuar el Diseño de la Planta se obtuvieron previamente en el Laboratorio los siguientes datos:

1. Estequiométricamente se necesitan 302 Kg. de ácido abiético y 40 Kg. de sosa cáustica para obtener 324 Kg. de abietato de sodio (encolante) efectuándose la siguiente reacción:



Se encontró que la colofonia w-w tiene 83% de ácido abiético por lo cual, para saponificar 302 kg. de colofonia serían necesarios 33.2 Kg. de sosa y se obtendrían 250.66 Kg. de abietato de sodio. Por lo anterior, teóricamente se necesitan 10.9 Kg. de sosa para saponificar totalmente 100 Kg. de colofonia (con 83% de ácido abiético puro).

Como se desea obtener el encolante con un remanente de 7% de ácido abiético libre emulsionado, se deberán emplear únicamente 10.13 Kg. de sosa (25.3 Kg. al 40%), o lo que es lo mismo para obtener 100 Kg. de encolante (base

100% sólidos) es necesario usar 116.8 Kg. de colofonia y 29 Kg. de sosa al 40%.

2. La reacción se lleva a cabo en un reactor con agitación continua al que se le agrega el agua y la sosa cáustica, calentándose a 90°C y posteriormente se agrega la brea colofonia hasta su disolución en forma de abietato de sodio, encontrándose que se necesitan 250 l. de solución al 2% de sosa Cáustica por c/100 Kg. de brea colofonia.

3. Se encontró que se necesitan 10 Kg. de encolante sólido para encolar una tonelada de papel; si consideramos como Base 130 Ton. diarias de papel y como el encolante que vamos a obtener será en pasta con un 33% de sólidos por lo tanto necesitaremos fabricar 4.29 Ton. diarias de encolante.

4. El tiempo en que se efectúa la reacción es:

fundido de la colofonia	-	3.0	horas
reacción	-	3.0	horas
vaciado	-	0.3	horas
		<hr/>	
		6.3	horas

Por lo tanto consideramos 3 "batch" de 1.43 Ton. c/u.

CALCULO DEL REACTOR

$$\text{Volumen} = \pi r^2 h = \frac{\pi D^2 h}{4}$$

materia prima:

$$\text{Brea colofonia} = 1430 \times 1.168 = 1670 \text{ Kg.}$$

(83% ac. abiet)

$$\text{Sosa cáustica} = 1430 \times .29 = 415 \text{ Kg.}$$

(al 40%)

$$\text{Agua} = 1430 \times 2.50 = 3575 \text{ Kg.}$$

$$\text{Densidad Encolante (Laboratorio)} \quad \rho = 0.94$$

Volumen mezcla:

$$V = \frac{\text{masa}}{\text{densidad}} = \frac{m}{\rho}$$

$$\text{Brea.} - 1670 \text{ Kg.}$$

$$\text{Agua.} - 3575 \text{ Kg.}$$

$$\text{Sosa.} - \frac{415 \text{ Kg.}}{}$$

$$5660 \text{ Kg.} \div 0.94 = 5230 \text{ l.} = 5.23 \text{ m}^3$$

Considerando un 30% de margen en el volumen debido a la formación de espuma durante la reacción:

$$V = 5.23 \text{ m}^3 \times 1.3 = 6.79 \text{ m}^3$$

Relación Diámetro - altura: $D = h$

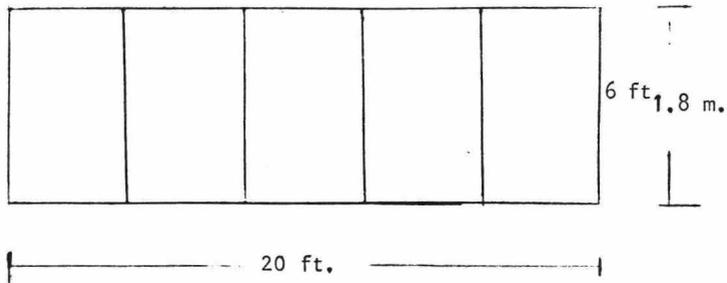
$$V = \frac{\pi D^3}{4}$$

$$\frac{4 V}{\pi} = D^3 = \frac{4(6.79)}{3.1416} = 8.36 \text{ m}^3 ; \text{ que nos permite considerar}$$

$$D = 2 \text{ m}$$

$$h = 1.8 \text{ m}$$

$$\text{desarrollo} = \pi \times D = 3.1416 \times 2 \text{ m} = 6.28 \text{ m} = 20.59 \text{ ft.}$$



$$D_{\text{real}} = \frac{\text{desarrollo}}{\pi} = \frac{20 \text{ ft.}}{3.1416} = 6.37 \text{ ft.} = \underline{1.94 \text{ m.}}$$

$$V_{\text{real}} = \frac{\pi (D)^2 h}{4} = \frac{3.1416 (1.94)^2 \times 1.8}{4} = \underline{5.32 \text{ m}^3}$$

Concentración $\text{NaOH} = \frac{105}{5660} = 2\%$ por lo tanto se empleará lámina de fierro S.A.283.C, 49 kg/m^2 (ASME)

Espesor de la lámina t :

$$t = \frac{P_D R}{SE - 0.6P} + C, \text{ con Guías de Flujo cada } 12'' = 0.305 \text{ m.}$$

Donde:

$$P_D = \text{Presión de Diseño} = 90 \text{ psi (externa)}$$

$$R = \text{Radio del Tanque} = 3.18 \text{ ft.}$$

$$S = \text{Esfuerzo de Trabajo} = 13,750 \text{ lb/in}^2$$

$$E = \text{Eficiencia Soldadura} = 0.8$$

$$C = \text{Factor de Corrosión} = 0.06 \text{ in.}$$

En tablas encontramos que $t = 0.25 \text{ in} = 1/4''$

$$L = \frac{0.305 \text{ m}}{0.305} = 0.314$$

$$D_o = 0.970 \text{ m}$$

$$\frac{D_o}{t} = \frac{0.97 \text{ m} \times 1 \text{ ft.} / 0.305 \text{ m} \times 12 \text{ in/ft}}{0.25 \text{ in.}} = 152.6$$

Suponiendo: espesor = $1/4'' = 6.35 \text{ mm}$.

$$\text{Factor } B = P_D (D_o/t) = 90 (152.6) = \underline{13,800}$$

$$P_a = \frac{B}{D_o/t} = \frac{13,800}{152.6} = \underline{90.4} \text{ psi}$$

AGITADOR

$$N_{Re} = \frac{ND_i^2}{\mu}$$

$\mu = \text{viscosidad} = 15,800 \text{ CP}$ (Dato de Laboratorio obtenido con viscosímetro Brookfield LV a 90°C)

$$\rho = \frac{\text{masa}}{\text{volumen}} = \frac{5660 \text{ kg.}}{5230 \text{ l.}} = 1.03 \text{ Kg/l}$$

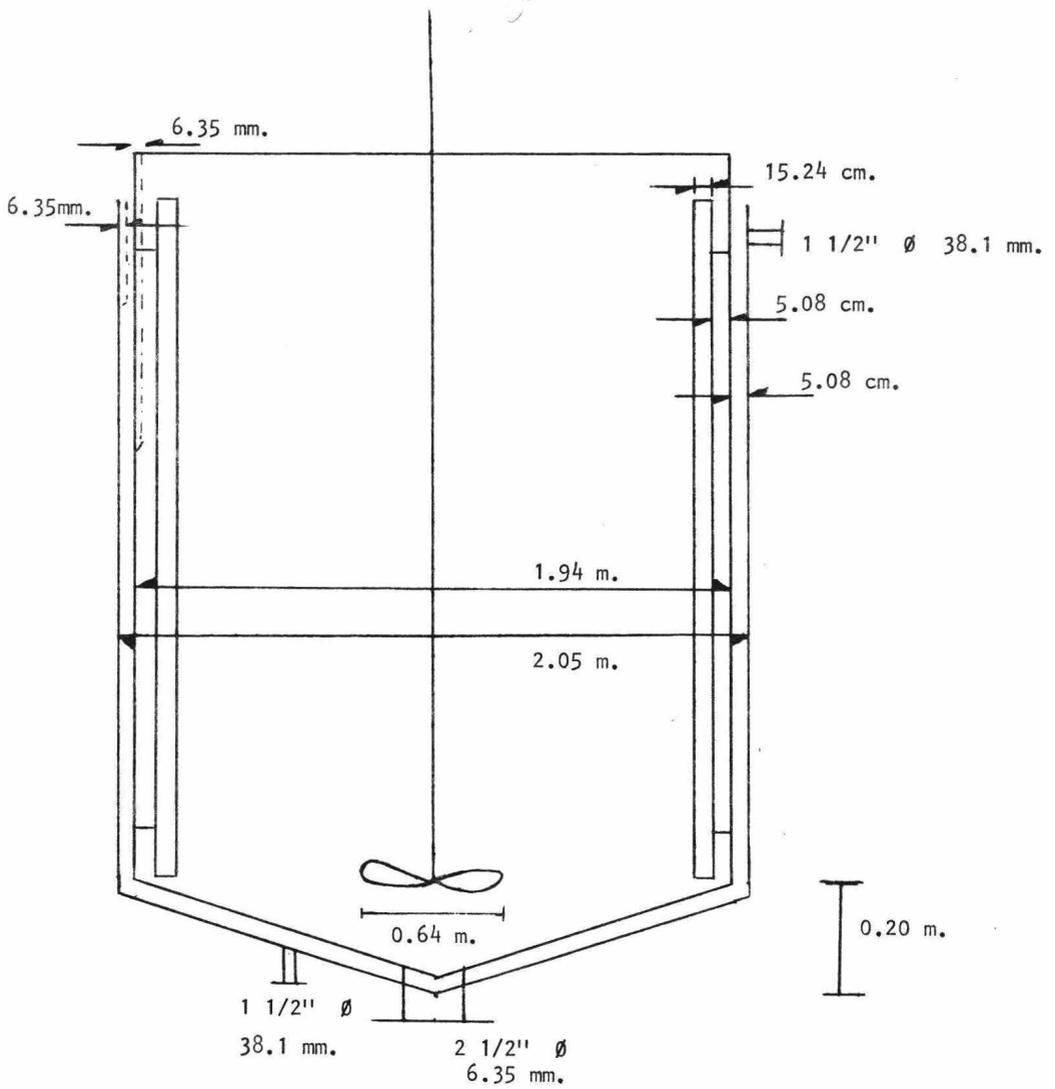


Diagrama del Reactor

Fig. # 5

$$\rho = 1.03 \text{ g/cm}^3 \times 1 \text{ lb./454g.} \times \frac{(30.5)^3 \text{ cm}^3}{\text{ft}^3} = \underline{64.37 \text{ psi}}$$

considerando agitación lenta:

$$N = \text{Velocidad Agitador} = \underline{36 \text{ rpm}}$$

$$\text{Impulsor } 1/3 \text{ Diámetro del tanque} = 1.94 \text{ m} \times 1/3 = 0.64 \text{ m}$$

$$D_i = 0.64 \text{ m} \times 1/0.305 \text{ m/ft} = \underline{2.1 \text{ ft.}} = \underline{25.2 \text{ in}}$$

$$N_{Re} = \frac{64.37 \text{ lb/ft.}^3 \times (36 \text{ rpm}) (1 \text{ min}/60 \text{ seg}) \times (25.2 \text{ in})^2 (1/12 \text{ ft/in}^2)^2}{15,800 \text{ cp} (0.000672 \text{ lb/ft. seg/CP)}}$$

$$N_{Re} = \underline{16}$$

Potencia del Motor

$$P = k N^3 D_a^5$$

$$N^3 = \frac{\text{revoluciones}}{\text{seg.}} = \frac{36 \text{ rpm}}{60 \text{ seg.}} = (0.6)^3 = \underline{0.216 \text{ rps}}$$

$$D_a^5 = \text{Diámetro agitador} = (2.1)^5 = \underline{85.73 \text{ ft.}}$$

$$k = \text{constante impulsor} = \underline{71}$$

$$P = 71 \times 0.216 \times 85.73 = 1,043.87 \text{ lb-ft./seg.}$$

$$1 \text{ HP} = 550 \text{ lb-ft./seg.}$$

$$\text{Por lo tanto } P = 1,043.87/550 = \underline{1.89 \text{ HP}}$$

CANTIDAD DE VAPOR

Calentar mezcla: brea (1670 kg) + sosa (415 kg) + agua (3575 KG)

15°C $\xrightarrow{\Delta}$ 90°C , 5660 kg. :

$$Q = mC_p\Delta t$$

$$m = 5,660 \text{ kg.} \times 2.2 \text{ lb/kg.} = \underline{12,450 \text{ lb.}}$$

$$C_p = \underline{1 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F}}$$

$$t_1 = (15^\circ\text{C} \times 1.8^\circ\text{F}/^\circ\text{C}) + 32 = 59^\circ\text{F}$$

$$t_2 = (90^\circ\text{C} \times 1.8^\circ\text{F}/^\circ\text{C}) + 32 = 194^\circ\text{F}$$

$$\Delta t = (194 - 59)^\circ\text{F} = \underline{135^\circ\text{F}}$$

$$Q = 12,450 \text{ lb.} \times 1 \text{ BTU/lb}^\circ\text{F} \times 135^\circ\text{F} = 1,626,390 \text{ BTU}$$

Vapor disponible en la Fábrica de 60 lb/in^2

$$\lambda = 904.5 \text{ BTU/lb}$$

$$\text{masa de vapor} = \frac{1,626,390 \text{ BTU}}{904.5 \text{ BTU/lb}} = \underline{1,780 \text{ lb.}}$$

tubería de $1 \frac{1}{2}'' \text{ } \emptyset$

COSTO DEL REACTOR

$$\text{Lámina de espesor } t = \underline{\frac{1''}{4}}$$

Cuerpo

$$\text{Desarrollo} - 20 \text{ft.} = 6.10 \text{ m}$$

$$\text{Altura} - 6 \text{ft.} = 1.80 \text{ m.}$$

$$\text{Area} = 6.1 \text{m} \times 1.8 \text{m.} = \underline{10.98 \text{ m}^2}$$

Chaqueta

Desarrollo - 20.2 ft. = 6.20 m.

Altura - 6.0 ft. = 1.80 m.

Area = 6.20m x 1.80m. = 11.16 m²

Tapa Inferior

Diámetro = 1.94 m x 1.94m = 3.80 m²

Area total

(10.98 + 11.16 + 3.80)m² = 25.94 m²

Peso del Reactor

Area total x Peso Lámina = 25.94 m² x 49 kg/m² = 1,271.06 kg
(ASME)

Costo del Reactor: 12.50\$/kg. (Mano de obra e instalación incluido) (Lámina negra).

12.50\$/kg x 1,271.06 kg = \$15,888.25

Costo del Agitador (Motor y Reductor de Velocidad):

5HP , 36rpm ; \$12,000.00

Tubería de Descarga 2 1/2" Ø

TANQUE DE ALMACENAMIENTO

Volumen = 15,000 litros

Relación Diámetro - altura = h = 1.5 D

$V = \frac{\pi D^2 h}{4} = \frac{\pi D^2 (1.5D)}{4} = 1.5 \times \frac{\pi}{4} D^3 = 15 M^3$

$$D^3 = \frac{4(15)}{1.5(3.1416)} = 12.73 \text{ M}^3$$

$$D = \sqrt[3]{12.73 \text{ M}^3} = \underline{2.34 \text{ M}} = \underline{7.7 \text{ ft.}}$$

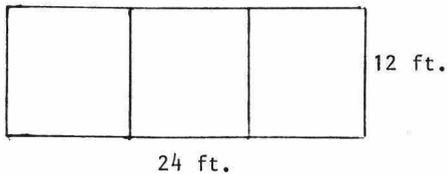
$$\text{Desarrollo} = \pi \times D = 3.1416 \times 2.34 \text{ m} = \underline{7.35 \text{ m}} = \underline{24 \text{ ft.}}$$

$$\text{Altura Diseño} = 1.5D = 1.5 \times 2.34 = 3.51 \text{ m} = 11.51 \text{ ft. por lo tanto}$$

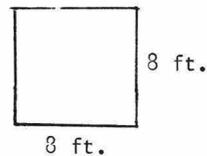
$$\text{Altura Real} = \underline{12 \text{ ft.}} = \underline{3.66 \text{ m.}}$$

$$\text{Volumen Real} = \frac{\pi \times (2.34)^2 \text{ m}^2 \times 3.66 \text{ m}}{4} = 15.7 \text{ m}^3$$

Desarrollo



tapa



Espesor de la lámina t :

$$t = \frac{P_{DR}}{SE - 0.6P} + C$$

$$P_D = 15 \text{ lb/in}^2$$

$$R = 3.85 \text{ ft.} \times 12 \text{ in./ft} = 46.2 \text{ in.}$$

$$S = 13,750 \text{ lb/in}^2$$

$$E = 0.8$$

$$C = 0.06 \text{ in}$$

$$t = \frac{15 \times 46.2}{13,750(0.8) - 0.6(15)} + 0.06 = 0.063 \text{ in} + 0.06 \text{ in} = 0.123 \text{ in}$$

$$t = 0.123 \text{ in} = 1/8 \text{ in}$$

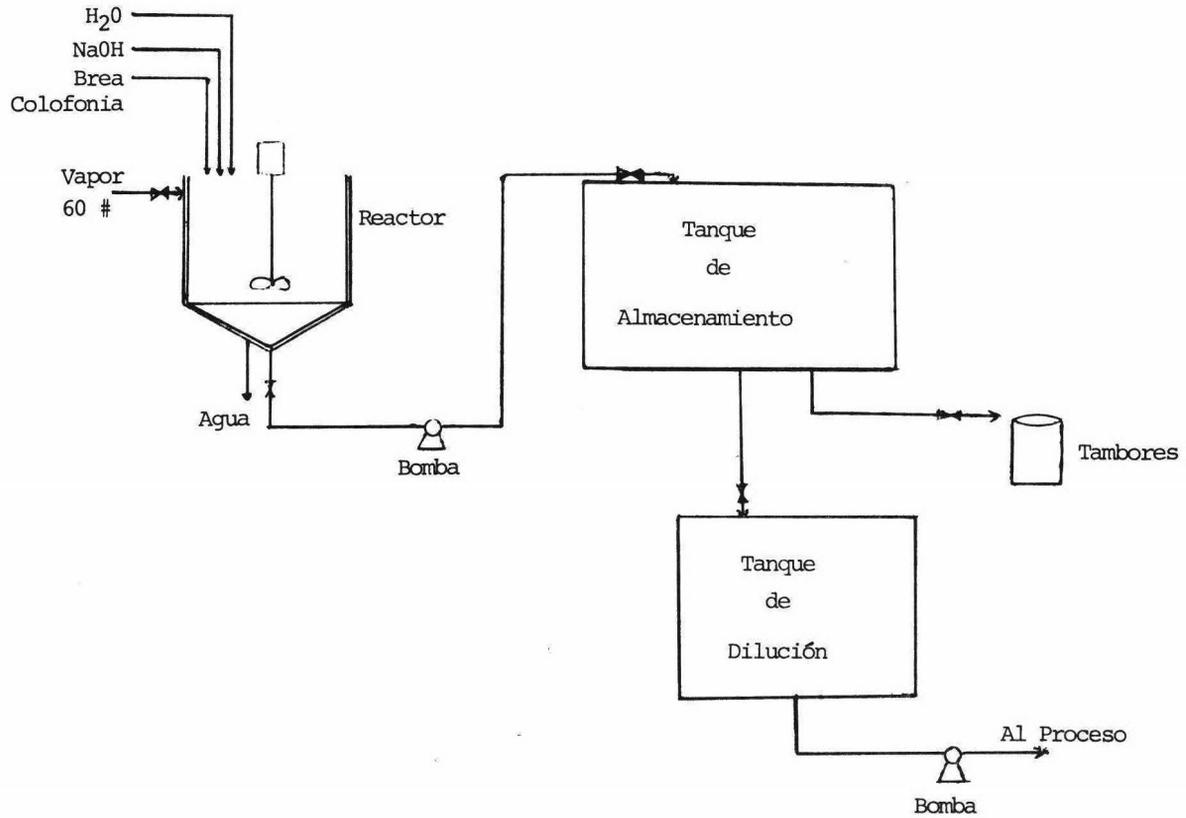


DIAGRAMA DE FLUJO

Fig. # 6

Costo del Tanque

Peso de lámina de 1/8 in ; 25 kg/m² (ASME)

Area de la parte recta: (Desarrollo x altura):

$$7.35 \text{ m} \times 3.66 \text{ m} = 26.90 \text{ m}^2$$

Peso de las tapas

$$2(2.44\text{m} \times 2.44\text{m}) = \frac{11.90}{38.80} \text{ m}^2$$

Peso del Tanque:

$$\text{Area total} \times \text{Peso lámina} = 38.80 \text{ m}^2 \times 25\text{kg/m}^2 = 970 \text{ kg.}$$

Costo del Tanque: 12.50 \$/kg (Mano de obra e instalación incluida) (Lámina negra)

$$970 \text{ kg} \times 12.50\$/\text{kg} = \$12,125.00$$

Bomba

bomba de engranes

Vaprox. 400 rpm.

motor 2 HP

Entrada y salida de 2 1/2" Ø

Costo aproximado de los Tanques

1	Reactor con chaqueta y agitador	\$ 27,888.25
2	Tanque de almacenamiento	<u>12,125.00</u>
		\$ 40,013.25
3	Bombas y tubería 50% costo del equipo	<u>20,006.63</u>
		\$ 60,019.88
4	Instalaciones 35% del equipo	<u>21,006.96</u>
		\$ 81,026.84
5	Ingeniería e imprevistos 15% del equipo	<u>12,154.03</u>
		\$ 93,180.87

COSTO DE OPERACION

Sueldo de una persona (turno)	\$57.00
Prestaciones (35%)	<u>20.00</u>
	77.00 + 1/6 (séptimo día) =
	\$99.83

Mano de obra:

$$99.83 \$ / 5,660 \text{ kg.} = \underline{0.018 \$ / \text{kg.}}$$

Costo del vapor: 0.03 \$/kg

$$\text{Vapor} = \frac{0.03 \$ / \text{kg} \times 17801 \text{ b} \times 1/2.21 \text{ b/kg}}{5,660 \text{ kg.}} = \underline{0.005 \$ / \text{kg}}$$

Costo de Energía eléctrica E: 0.50 \$/kw

$$E = \frac{7 \text{ HP} \times 0.745 \text{ kw/HP} \times 8 \text{ h} \times 0.50 \$ / \text{kw}}{5,660 \text{ kg}} = \underline{0.009 \$ / \text{kg}}$$

Depreciación Equipo D:

9% anual, 330 días operación

$$D = \frac{93,180.87 \times 0.09}{330 \times 5,660} = \underline{0.005 \$ / \text{kg}}$$

Mantenimiento y mano de obra:

$$60\% (D) = \underline{0.003 \$ / \text{kg}}$$

Costos materia prima:

Materia Prima	%	\$/kg	\$/kg (P.T)
Brea colofonia	31.2	7.00	2.180
Sosa cáustica	2.0	2.18	0.040
Agua	<u>66.8</u>		
	100.0		<u>2.220</u> \$/kg

Costo Encolante:

Materias primas	2.220 \$/kg
Mano de obra	0.018 \$/kg
Vapor	0.005 \$/kg
Energía eléctrica	0.009 \$/kg
Depreciación equipo	0.005 \$/kg
Mantenimiento	0.003 \$/kg
Gastos Administración	0.030 \$/kg
Seguros	<u>0.010</u> \$/kg
	2.300 \$/kg

Costo del encolante en pasta al 33% : 2.30 \$/kg

Costo del encolante Base 100% sólidos:

$$2.30 \text{ \$/kg} \times 1/0.33 = \underline{7.66 \text{ \$/kg}}$$

C A P I T U L O V I

JUSTIFICACION ECONOMICA

Precio abietato de sodio en el mercado actual 9.00^{\$}/kg
(base sólido)

Ahorro Bruto:

Precio actual - precio costo =

$$\$9.00 - \$7.66 = \underline{1.34\$/\text{kg}}$$

Ahorro Neto:

$$\text{Ahorro bruto} - (42\% \text{ impuestos} + 8\% \text{ reparto utilidades}) =$$

$$\$1.34 - (50\%) = \underline{0.67 \text{ \$/kg}}$$

Producción Anual:

$$330 \text{ días} \times 1,300 \text{ kg/día} = \underline{429,000 \text{ kg}}$$

(base sólido)

Ahorro Neto Anual:

$$0.67 \text{ \$/kg} \times 429,000 \text{ kg/año} = \underline{287,430.00 \text{ \$/año}}$$

Recuperación de la Inversión:

$$\frac{\text{Ahorro Neto Anual} \times 100}{\text{Inversión}} =$$

$$= \frac{287,430 (100)}{93,180.87} = \underline{308 \%}$$

Tiempo en Recuperar la Inversión:

$$\frac{\text{Inversión}}{\text{Ahorro Neto Anual}} = \frac{93,180.87}{287,430} = 0.32 \text{ años}$$

$$= \underline{3.9 \text{ meses}}$$

C A P I T U L O V I I

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

- Casey J.P. Pulp and Paper Chemistry and Chemical Technology. 3a. ed. XII, pl021-1103, Interscience, N.Y. 1965.
- Cobb R.M.K. TAPPI 38, 2p, 49 (1955).
- Cobb R.M.K. Paper Trade J. 98, 12p, 43 (1934)
- Crane Co. Flow of Fluids Through Valves, Fittings, and Pipe Tech. Pap. N° 410 (1965).
- Foust A.S. Principles of Unit Operations. 2a,ed.p. 134, John Wiley Japan 1967.
- Guide R.G. TAPPI 42, 9p, 734 (1959).
- Holland F.A. Liquid Mixing and Processing in Stirred Tanks 3a. ed.p, 167, Reinhold Boston 1966.
- Howard F.R. Project Engineering of Process Plants 2a. ed. p,

120, John Wiley N.Y. 1968.

- Internal Sizing of Paper and Paperboard, TAPPI Monograph Series 33 (1971).
- Koontz O'. Administration Principles, 4a.ed. p 210, McGraw Hill, N.Y. 1969.
- Lange N.A. Handbook of Chemistry 3a.ed. p, 876, McGraw Hill, N.Y. 1967.
- Lippert W.E., A.T.C.P. 4, 2p, 37 (1964).
- Morrison R.T. Organic Chemistry 9a.ed. p, 660, Allyn and Bacon, Boston 1959.
- Perry J.H. Chemical Engineers' Handbook 4a.ed. 19-14, 23-29, 24-8, 24-21, McGraw Hill, Japan 1963.
- Robinson S.J. Paper Trade J. 103, 7p, 104-138 (1936).
- Soc. Quím. Mex. 13, 4p, 208c (1969).
- Thode, F.F. TAPPI 38, 12p, 705 (1955).