



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA  
DE MÉXICO  
I. S. ZARAGOZA

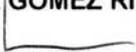
TESIS PARA LA CARRERA DE INGENIERO QUIMICO

TEMA:

**"FUNDAMENTOS BASICOS DEL PROCESO DE RECICLADO DE FIBRA SECUNDARIA  
PARA LA ELABORACION DE PAPEL."**

POR

**VICTOR FELIX GOMEZ RIVAS**



*Febrero del 2004*



Universidad Nacional  
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

**Biblioteca Central**



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

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

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

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



**FACULTAD DE ESTUDIOS  
SUPERIORES ZARAGOZA**

**JEFATURA DE LA CARRERA  
DE INGENIERIA QUIMICA**

**OFICIO: FESZ/JCIQ/053/02**

**ASUNTO: Asignación de Jurado**

**ALUMNO: GOMEZ RIVAS VICTOR FELIX**  
**P r e s e n t e.**

En respuesta a su solicitud de asignación de jurado, la jefatura a mi cargo, ha propuesto a los siguientes sinodales:

<b>Presidente:</b>	<b>I.Q. Eduardo Loyo Arnaud</b>
<b>Vocal:</b>	<b>M. en C. Alejandro Rogel Ramírez</b>
<b>Secretario:</b>	<b>I.Q. Magín Enrique Juárez Villar</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q.I. Concepción G. Noroña Venegas</b>
<b>Suplente:</b>	<b>I.Q. Ana Lilia Maldonado Arellano</b>

Sin más por el momento, reciba un cordial saludo.

**A t e n t a m e n t e**  
**“POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU”**  
México, D. F., 6 de Junio de 2002

**EL JEFE DE LA CARRERA**

**I.Q. ARTURO E. MENDEZ GUTIERREZ**  
SECRETARIA TECNICA

## AGRADECIMIENTOS

A mis padres

Agradezco profundamente  
su confianza y gran apoyo moral  
que me brindaron durante el transcurso  
de mi carrera

In memóriam a mi padre Abel Gómez Carrasco

A mi Esposa

Por su cariño y comprensión  
Que me impulsaron a seguir adelante.

## OBJETIVOS Y ALCANCE

### Objetivos

1. Documentar los resultados de una investigación acerca de la información técnica en los procesos del reciclado de la fibra secundaria así como de los equipos, procesos y tipo de papel reciclado.
2. Comparar las ventajas y desventajas en los procesos del reciclado para los diferentes usos finales del papel.
3. Realizar pruebas a nivel laboratorio de los diferentes procesos del reciclado de fibra secundaria para comprobar los procesos descritos en la investigación bibliográfica desarrollada.
4. Destacar la importancia que tiene el reciclado de la fibra secundaria y la de tener información técnica a la mano.

### Alcance

El alcance de esta tesis incluye una investigación bibliográfica completa, acerca de los principales procesos y equipos usados en el reciclado de la fibra secundaria incluyendo los diferentes tipos de material usados durante el reciclado dando una explicación de que se entiende como fibra secundaria.

También se incluyen los tipos de procesos usados durante el reciclado y la diferenciación entre procesos que incluyen blanqueos para la fabricación de papeles finos o de escritura y para la fabricación de papeles para uso en el empaque o de algún uso de menor relevancia.

Igualmente se realizan pruebas a nivel laboratorio simulando los equipos más usados en una planta comercial, esto es con la finalidad de entender tanto los procesos, como los equipos y los reactivos usados en un proceso de reciclado.

Finalmente y de forma medular, se dan a conocer los resultados de las diferentes pruebas y etapas de un proceso de reciclado.

# CAPITULO I. INTRODUCCION

## INTRODUCCION

La recuperación y la recirculación de la fibra reciclada del papel de desperdicio ofrecen una fuente de materia prima y una oportunidad de preservar las fuentes naturales de celulosa. Sin embargo en un sistema de mercado libre la economía establece el equilibrio del reciclo, esto es el balance entre la fibra secundaria y la pulpa virgen. Los Estados Unidos con sus bosques a plena capacidad de producción, solo reciclan el 23% del papel que producen. Japón en el otro lado del espectro, recicla el 43% de su producción de papel. Actualmente los países europeos tienen un alto grado de conciencia para el reciclado y en todos sus productos donde se usa el papel se fabrican con fibra reciclada<sup>10</sup>.

En la perspectiva de la historia, las sociedades pasadas no manejaban sus recursos naturales de una buena manera. Como los estándares de vida incrementan, la demanda de los recursos naturales incrementan conforme incrementa el ritmo de vida. Las fibras para hacer papel no son la excepción, afortunadamente las fibras celulósicas pueden ser recicladas muchas veces tanto como la fibra soporte el proceso.

Con una tradición de hacer papel nuevo de los desechos de la sociedad, no es sorpresa que el destintado del papel de desecho sea para recuperar la fibra celulósicas estableciendo su tecnología muchos años después de haber desarrollado la invención de pulpas al sulfito y de los procesos de fabricación de pulpa kraft.

El grado para el reuso o reciclado de los recursos es practicado dependiendo del grado y costo de los recursos disponibles en un país. En la tabla 1.1 se muestra la capacidad de producción de varios países alrededor del mundo.

**Tabla 1.1. Porcentaje de recuperación de papel por País. (F. Hamilton & Leopold)**

País	%	País	%
Argentina	50.3	Colombia	30.5
Japón	45	Reino Unido	29.7
Países bajos	43	Australia	28.9
Hungría	40.1	Finlandia	28
Suiza	39.4	Polonia	27.5
España	39.3	Egipto	26.9
Corea del sur	38	Brasil	26.4
Austria	35.8	Estados Unidos	26.3
Suecia	35.6	Israel	20.4
Alemania	35	Canadá	18
Francia	31.3	México	10

Desde la década de los 70's la demanda de la fibra reciclada o fibra secundaria ha crecido al doble que la demanda de la fibra virgen. (Un 5% anualmente de fibra secundaria contra el 2.5% de fibra virgen) Durante los años 80's el uso de la fibra secundaria creció por un 50% y la industria de fabricación de papeles para toalla (tissue) y para papeles planos o de escritura dependían de materia prima de procedencia reciclada.

Recientemente, la fibra reciclada es una de las áreas con más crecimiento en la industria de los productos forestales. En 1970 era una materia prima base para la producción de papeles planos y del cartón, donde se empleo en un 20%. Hoy en día este nivel es cercano al 40%, teniendo un crecimiento aproximado de un 5 a 6% por año.

La fibra reciclada o el papel de desecho a tenido una buena aceptación en los pasados 20 a 30 años. En todo el mundo cerca de 75 millones de toneladas métricas de fibra reciclada fue usada por la industria del papel en 1988. Este conteo es por al menos una tercera parte del total de fibra para hacer papel que necesita la industria. Norte América y Europa occidental consúmen aproximadamente 20 millones de toneladas de desperdicio de papel en 1988 seguidos por Japón con un consumo cercano a 13 millones de toneladas. Esas tres regiones consumen el 70% de todo el mundo.

De una perspectiva del producto final, la industria del empaque, particularmente el liner y médium, han sido y continuaran siendo los usuarios principales de la fibra reciclada. Sin embargo, un porcentaje esta incrementando en el uso de fibra reciclada para el papel periódico, papeles de impresión y para los papeles llamados "tissue" (Toallas y servilletas).

Hoy en día, en todo el mundo se usa entre 11 y 14 millones de toneladas de fibra secundaria para fabricar fibra destintada. Ligeramente menos de la mitad de la pulpa destintada es usada para papel periódico, el 25% es usado para papeles toalla, el 12% es usado para papeles de empaque y cartón, el 10% es usado para papel grado escritura o para impresión y el remanente 5% es vendido como pulpa destintada en el mercado.

Actualmente se observa como esta aumentando la producción de fibra secundaria, tan es así que actualmente se esta instalando una planta de destintado en Tres Valles Veracruz, por el grupo Durango y al menos se está trabajando en otro proyecto similar para el estado de San Luis Potosí. Sin embargo el crecimiento de esta parte de la industria de la celulosa y papel dependerá de seis factores importantes:

1. Las actividades regulatorias y legislativas que involucran la venta de materiales reciclados.
2. La demanda por productores para la fibra secundaria con la cual se hace el papel.

3. La disponibilidad de adecuados proveedores de material reciclado a precios competentes.
4. La tecnología de las plantas para la recuperación de las pulpas destintadas.
5. El costo competitivo de la producción de papel y cartón con fibra reciclada contra el costo de producción de pulpa virgen.
6. La aceptación del consumidor del producto destintado.

Y a su vez, dependerá del uso final que se le de a la fibra secundaria. Los mejores grados de papel usando fibra destintada incluye:

- a. Papel periódico
- b. Papel Toalla
- c. Papeles para impresión y escritura.
- d. Pulpa para cartones y envolturas

El más importante de estos papeles es el que se utiliza en el papel periódico, ya que su demanda va en aumento. Originalmente este tipo de papel era producido casi en su totalidad por las empresas Mexpape, y Fapatux del Grupo PIPSAMEX, que pertenecían al Gobierno Mexicano y se encargaba de abastecer a la empresa que imprime los libros de texto y para el periódico "El Nacional". Actualmente esta empresa pertenece al Grupo Durango de la Familia Rincón y sus perspectivas de crecimiento van en aumento.

La recuperación de la materia prima para las plantas de destintado se ha vuelto un punto muy importante al grado que ya existen plantas recolectoras que además clasifican el papel para poder proporcionar una materia prima de calidad y a buen precio, pero aún esto es ineficiente en las casas habitación donde no se tiene un control adecuado de los desechos y siempre es más trabajoso para los recolectores lo cual puede hacer que el costo del producto aumente. Para las empresas recolectoras, el obtener su material puede ser de procedencia directa de las empresas editoras, de las empresas que manejan grandes volúmenes de material de desecho como Telmex (directorio blanco y amarillo), imprentas y de las mismas rotativas del periódico.

Los costos de producción dependerán principalmente del tipo de producto que se fabrique o que se quiera fabricar, ya que esto nos llevará a suponer que cuando una planta quiere producir papel de envoltura, ya sean cajas de cartón para zapatos, cajas de cartón para envoltura, o en sí mismo el empaque para huevo, no requerirá de muchos equipos y su proceso será más sencillo y económico por la cantidad de equipos y químicos a usar en la producción. Pero si se trata de una planta que produce papel toalla o servilletas su costo se verá incrementado porque se tendrán que anexar equipos y productos químicos en el proceso, además de que la selección del material a emplear será más riguroso.

Dentro de los procesos de destintado se verá como se puede incrementar o disminuir el costo de producción dependiendo de la calidad de producto final. Los procesos más simples que consisten tan solo de un desfibrado y un lavado hasta los procesos más complejos con dos pasos de blanqueo, oxidativo y reductivo. Para cada uno de los casos dependerá del tipo de material que se está usando y el tipo de producto final al que se quiera llegar. Esto también influye y deberá de influir en la aceptación de los consumidores del producto final.

En este trabajo se trata de abordar el tema del reciclado de la fibra secundaria ya que es muy importante primero, para cada uno de nosotros como usuarios y consumidores de recursos no renovables (bosques), ya que se están acabando las zonas boscosas, conforme las poblaciones crecen y las necesidades de consumir más material fibroso también aumentan, por eso es importante tener una conciencia del reciclado en general y en particular del reciclado del papel. En segunda instancia en el plano profesional es importante tener un trabajo donde se den referencias de los procesos, equipos clasificaciones y categorías de la fibra reciclada, ya que la mayoría de la información buscada se encuentra dispersa, muy especializada ó técnica y en Inglés. La estructura del presente trabajo es de la siguiente manera, en el capítulo dos se describe la clasificación y categorías de lo que son las fibras secundarias y a lo que se le llama una fibra secundaria. En el capítulo tres se describe su aspecto económico ya que este tiene gran relevancia en la producción y consumo de la fibra secundaria, en el capítulo cuatro se explican los procesos del reciclado, en conjunto con los equipos utilizados y algunos pasos de destintado para diferentes mezclas de papel (papel periódico, revista, archivo blanco, directorio blanco o amarillo, etc.). Para algunas fibras de más alta calidad se le aplican procesos de blanqueo que son involucrados en un proceso de destintado. El capítulo cinco trata del proceso del blanqueo ya que diferentes tipos de papel o de materia prima requieren de un proceso para obtener una fibra de mejor calidad. Se describe el uso de químicos involucrados en un proceso de blanqueo y los tipos de materia prima a usar como puede ser el archivo blanco, directorio color, papel periódico o magazine. El siguiente capítulo trata lo referente a las consideraciones ambientales ya que es un tema de vital importancia en la actualidad y en el proceso de destintado ya que sus descargas pueden ser contaminantes en los efluentes y en los desechos sólidos, en el penúltimo capítulo se dan algunos usos y aplicaciones que se le dan a la fibra secundaria así como algunos productores y marcas de productos que usan la pulpa recuperada. Para el último capítulo se realizan pruebas a nivel laboratorio para comprobar el uso y aplicación de los productos químicos en especial del peróxido de hidrógeno y del TDO\*. El uso en cantidades adecuadas y de acuerdo a los pasos sugeridos de primero la oxidación y después la reducción da como resultado pulpas de altas blancuras. Siempre será recomendable el uso del TDO en una fibra secundaria que contenga algún tipo de color.

\*TDO (Thiourea dioxide)

# CAPITULO II. FIBRA SECUNDARIA

## II. FIBRAS SECUNDARIAS

Dentro de la industria de la celulosa y el papel se encuentra otra división de la industria que involucra la utilización o reciclado del papel que se utiliza en todas las actividades de la vida. Para poder trabajar de una manera más eficiente se le dan nombres y características a cada tipo de papel usado y recolectado. A continuación se da la información para poder reconocer los tipos de fibras secundarias y porque se definen de esa forma.

### 2.1 Definición y grado

Las fibras secundarias se definen como cualquier material fibroso que ha sufrido un proceso de manufacturado y son recicladas como materia prima para otro producto manufacturado. Estrictamente hablando, los recortes o roturas de la zona seca de la máquina de papel, de la sala de acabado, y las bobinas desintegradas pueden ser consideradas como fibras secundarias pero, en la práctica, el reciclado interno no se suele incluir como utilización de fibra secundaria.

Para una eficiente utilización del papel como fuente de fibra secundaria, es necesario elegir y clasificar los materiales en clases de calidad adecuada. En la tabla 2.1 se da la clasificación de los materiales que se utilizan en el reciclado de fibra secundaria.

La fibra secundaria no tiene especificaciones como la pulpa de madera la cual es producida de árboles específicos, así como de procesos de pulpeo, blanqueo y refinación. Esto consiste de los desechos de operaciones de fabricación tales como el recorte de los libros, una caja, una revista, una forma de negocio, o un sobre y muchos grados de desechos después del consumidor.

El papel de desecho es tratado en todo el mundo como un "commodity"\* con el más grande desarrollo en los Estados Unidos. El papel de desecho es usado libremente a través de toda Europa excepto para el Reino Unido el cual tiene una situación única e importa muy poca fibra secundaria.

Varios sistemas para dar el grado han sido propuestos en todos estos años y muchos grados son reconocidos ampliamente, pero con el entendimiento de que ellos no son representantes de especificaciones genéricos. La estructura de grados más ampliamente usada es la del Instituto de Papel Stock de América (Paper Stock Institute of America) Las especificaciones generalmente son adicionadas entre el comprador y el vendedor. Muy pocos grados son altamente homogéneos, los más son mezclas heterogéneas de varios tipos de papel. Los grados homogéneos pueden ser en los papeles para periódico

(news paper, NP), contenedores viejos corrugados (old corrugated containers, OCC) y los de cubierta de plástico (plastic coated) ya que estos tienen una alta infraestructura para la colección y el reciclado y son preferibles a otro tipo de material.

En los Estados Unidos se tiene una clasificación por parte del Waste Paper Institute que forma parte como una división de la National Association of Material Dealers y que en un tiempo dio solamente una clasificación a 10 grados de papel de desecho. A través de los esfuerzos del instituto se ha logrado hacer una clasificación a 49 tipos de papel con una especificación definida, en la tabla 2.1. se muestran solo nueve de estas clasificaciones.

**Tabla 2.1 Grados de papel de desecho**

1.	<b>PAPEL MEZCLADO</b> Consiste de una mezcla de varias calidades de papel no limitados al tipo de empaque o de contenido de fibra
6.	<b>PERIODICO</b> Consiste de papel periódico conteniendo menos de 5% de otros tipos de papel.
8.	<b>PERIODICO ESPECIAL CALIDAD DESTINTADO</b> Consiste de pacas del tipo secado con aire, no quemado al sol, libre de revista, blanco, sobrante del cuarto de impresión, y otros tipos de papel periódico, conteniendo no más del porcentaje de rotograbado y de sección coloreada.
11.	<b>CONTENEDORES CORRUGADOS</b> Consiste de pacas de contenedor corrugado, teniendo liners de pruebas de los liners o kraft.
13.	<b>NUEVO DOBLE LINEADO KRAFT CORTE CORRUGADO</b> Consiste de pacas de recorte corrugado, teniendo kraft o prueba de liner, los adhesivos no solubles, rollos empalmados, médium sucio y tratado no son aceptados en este grado.
38.	<b>SORTED COLORED LEDGER (LEDGER COLOR)</b> Consiste de hojas impresas y no impresas, virutas y recortes de ledger al sulfato o al sulfito, bond, escritura y otros papeles los cuales tienen fibra similar. Este grado puede estar libre de material tratado, cargas, o stock impreso.
39.	<b>MANIFOULD COLORED LEDGER</b> Consiste de hojas y de recorte de papel nuevo coloreado impreso o no impreso o blanco de papeles al sulfito o sulfato tal como son usados en la fabricación de formas manifold, formas continuas, formas de registro, y papeles impresos similares. Aquellas formas usadas para las máquinas del procesamiento de datos pueden ser incluidas. Todo el stock puede ser sin tratar y sin cubierta.
42.	<b>COMPUTER PRINTOUT (IMPRESO DE COMPUTADORA)</b> Consiste de papeles al sulfato y al sulfito en formas fabricadas para ser usadas en máquinas de procesamiento de datos. Este grado puede contener tiras coloreadas y/o impresas de computadora.
43.	<b>COATED BOOK STOCK</b> Consiste de papeles al sulfito o al sulfato cubiertos y blanqueados, hojas impresas y no impresas, virutas, libros guillotizados, Un porcentaje razonable de papel conteniendo pasta mecánica fina puede ser incluida.

El servicio de administración general (GSA en inglés) del gobierno de los Estados Unidos estableció en 1971 una especificación la cual define a la fibra secundaria como "la fibra que se recupera de un desecho sólido o del desecho colectado como un resultado de un proceso de fabricación, pero no deben de estar incluidos aquellos materiales generados de reuso de una planta como parte del proceso de fabricación de papel".

La GSA define a los post consumidores de desechos como papel, cartón, y desechos fibrosos de las fábricas, tiendas de venta al menudeo, oficinas, casas, etc., después de que ellas han pasado por su uso final como un artículo consumido, incluyendo cajas de cartón usado, papel periódico viejo (ONP), revista vieja (OM), mezcla de papel de desecho (MWP), cartas de tabulación, y todo el material fibroso que se colecta como desecho sólido municipal.

## 2.2. Categorías

Los 49 grados definidos por la Paper Stock Institute pueden ser agrupados dentro de 5 amplias categorías de papel de desecho, como se muestra en la tabla 2.2.

Tabla 2.2 Cinco categorías de papel de desecho

Grado	Definición	Origen	Uso
1. Mezclado	Papel de calidad variada, también recorte de cajas de cartón y envolturas.	Edificios de oficinas	Papeles de construcción y producción de cartón
2. Periódico	Papel periódico viejo, sobrante de papel periódico, recorte de papel de pasta mecánica.	Doméstico, típicamente por un centro de acopio.	Reciclado de Papel periódico impreso usado en construcción, papel y cartón aislante
3. Contenedor corrugado viejo	Contenedores corrugados usados; contenedor de planta	Tiendas, fábricas y oficinas de venta al detalle, recorte de la planta de conversión.	Liner de cartón y médium corrugado
4. Sustitutos de pulpa	Grados no impresos de kraft color y blanco, hojas blancas y semi blanqueadas, tarjetas y recorte de grados no impresos	Hojas/recortes de plantas de conversión	Ledger blanco y con color y coated book stock; usados primeramente en tissue.
5. Destintado	Grado destintado de ledger blanco y de color, computer printout, coated book y papel de pasta mecánica y hoja y recorte de papel blanqueado al sulfato.	Hojas/recortes de plantas de conversión	Ledger blanco y con color y coated book stock; usados primeramente en tissue.

### 2.2.1. sustituto de pulpa

Los sustitutos de pulpa pueden ser usados con algunos límites. Este tipo de material puede ser roto en el pulper y es mezclado con otros materiales para ser usado directamente en la máquina de papel. Los substitutos de pulpa consisten de grados de cartas manila, viruta blanca, corte de sobres, pulpa al sulfato blanqueada y sin impresión, recorte de rollos, papel periódico sin impresión, y pulpa kraft oscura, solamente el papel blanco o ligeramente coloreada es usado para la producción de un papel de alto grado de blancura. Estos grados no requieren un proceso de destintado y son generalmente blanqueadas solamente lo suficiente para ser mezcladas con otros materiales. Las pulpas sustitutas oscuras son empleadas en toallas y limpiadores oscuros.

Los problemas que se pueden encontrar, sin embargo incluyen el esfuerzo húmedo el cual es difícil de detectar, las hojas muy duras con o sin recubrimiento hacen que no se rompa fácilmente y las hojas con recubrimiento duro y hojas con recubrimiento plástico se dificultan al usarse en el reciclado. La combinación de un 12 a 15% de arcilla en la hoja, de almidón recubierto o una combinación de ellos en la hoja causa problemas al secado en el Yankee. Estos mismos factores en un sistema cerrado de agua blanca pueden causar problemas en los fieltros, secadores, varillas produciendo lama en el sistema.

En adición a la categoría de pulpa sustituta normal de fibra secundaria, hay materiales que pueden ser usados como destintado o pulpa de grado sustituta. El grado Ledger el cual es usado en algunas ocasiones como pulpa sustituta o para destintado incluyendo el manifold colored ledger, el sorted white ledger y el manifold white ledger.

En otros casos se tienen también los papeles impresos por la computadora (computer printout) y hay ligeramente impresos y con un ligero color, pero puede ser usado en pequeñas cantidades para ciertos grados de papel. Por otra parte esta incrementado el uso de pulpas de alto rendimiento tales como las virutas de pulpa mecánica y el papel para periódico blanco.

### 2.2.2. Grado destintado

El grado destintado de fibra secundaria debe estar bien almacenado en pacas de papel de desecho. El destintado involucra el pulpeo, limpieza, tamizado y lavado para remover la tinta, arcilla, materiales solubles y otros contaminantes para producir una pulpa limpia que puede ser blanqueada o enviada al sistema de la máquina de papel. Los grados que normalmente requieren de este tratamiento incluyen a las cartas tabuladoras coloreadas al ledger manifold blanco y coloreada, papeles impresos por computadora, pasta mecánica recuperada, pasta blanqueada al sulfito impresa, Los ledgers son usados normalmente en hojas de libros y algunas pastas kraft blanqueadas que están

incrementando su uso. Los grados manifold ledger son normalmente limpios y aceptables pero muy caros.

El ledger stock esta comenzando a incrementarse mezclado con el libro. El recorte de stock de todos los grados debe de inspeccionarse bien ya que puede llevar látex, puesto que mucho de este material proviene de recorte de libro y de revista.

Los grados cubiertos de pasta mecánica, los cuales incluyen revista, son suplidos por papel impreso doméstico que generalmente son de buena calidad. Las cubiertas de stock mezcladas pueden ser de mala calidad por la cubierta de plástico o UV. Las cubiertas de libros no son permitidas en un sistema de hoy en día.

La pulpa mecánica alimentada puede ser de imprenta significando esto que una gran cantidad de tinta se puede remover. Se removerá entre el 30 y 40% de tinta, arcilla y finos los cuales serán lavados posteriormente. Estos grados de desechos no son fáciles de destintar y presentan alta dificultad, en los requerimientos para el blanqueo, y al final presenta baja brillantes con altas cargas en el efluente. Los grados de papel cubiertos (Coated) están siendo usados con más frecuencia hoy en día por ser más limpios. Las cargas y tintas especiales pueden causar serios problemas en el destintado.

Las fibras blanqueadas al sulfito son muy buenas para destintar ya que constan de fibras largas, pero contienen bases de goma o tintas exóticas de plástico las cuales no son fáciles de remover en muchas plantas de destintado. Ellas dan un alto rendimiento en el destintado siendo de un 85 a 90%, con menos carga pesada y con blancuras superiores a los 85° ISO. Cuando son tratadas eficientemente, pueden dirigir un alto precio pero cuando se practica un tratamiento ineficiente el precio puede disminuir.

### **2.2.3. Grados especiales.**

Estos grados están agrupados cada uno de acuerdo a una característica o propiedad única que las hace inusuales en la planta de destintado que tratan mezclas de papeles. Las ceras, las policargas, el esfuerzo húmedo, el vidriado, el hot melt, el papel carbón, los libros con cubiertas, las revistas con cubiertas, el papel auto capiado, y algunas hojas impresas en fotocopiadoras (Xerox Sheets) están dentro de esta categoría. Algunas plantas de destintado pueden manejar ciertas especialidades tales como el policargas, ya que la planta esta diseñada para este tipo de material, pero en general la mayoría de las plantas tratan de evitar el uso de estos productos para no afectar todo el proceso y principalmente en producto final ya que esto representa gastos por paro y limpieza de los equipos.

#### 2.2.4. Grados de baja calidad

Los grados post consumidor de papel mezclado y super mezclado no son usados como materia prima en las operaciones de destintado. Los mencionados como baja calidad son aquellos tipos de papel que difícilmente pueden ser usados en el proceso de destintado y estos pueden ser los pañales desechables, las toallas sanitarias, las servilletas y los faciales. Los grados de buenas mezclas usadas son los desechos de oficina (Office Waste) y el desecho industrial

### 2.3. Contaminantes

Hablando generalmente, los grados de la fibra secundaria o su clasificación es realizada de acuerdo a tres puntos de vista, 1) del generador, b) por el distribuidor y c) por la planta que lo usa y/o recicla. Para la clasificación de los contaminantes se tiene principalmente a las cargas que tiene o que adicionan al papel desde su fabricación, a los tipos de adhesivos que se encuentran más comúnmente en el proceso de destintado y al tipo de tinta que están usando en los procesos de impresión.

#### 2.3.1 Cargas

La variedad de cargas encontradas sobre el papel fue realizada por los investigadores Rosenblant y Osipow en el año 1962. A continuación se presentan cinco tipos de cargas para las fibras recicladas.

##### a) Arcillas

Las arcillas son encadenadas con pegamento, almidón, caseína, estireno de butadieno, alcohol polivinílico, o materiales relacionados, y a menudo son calentados para dar al papel una superficie plana y blanca de mayor impresión. Esas cargas ordinariamente se disuelven y dispersan bien en la operación del destintado, excepto aquellas que no se pueden solubilizar o son muy "duras" para desintegrarse como hojuelas y no se pueden lavar. Los papeles cargados, porque presentan una buena superficie para una buena calidad de impresión y para laquear y barnizar, a menudo acarrean problemas de tinta y de película que pueden afectar la calidad de la pulpa destintada. Porque la tinta y la película plástica, pueden servir como un agente insoluble que prevé la completa desintegración de la arcilla, tanto que esto hace que la calidad de la pulpa decrezca.

##### b) Ceras

Las ceras pueden ser emulsiones acuosas de parafina, cera, cera microcristalina, o una combinación con almidón, caseína, o proteína en las fórmulas de carga con arcilla.

Dependiendo de como son pesadas las cargas de cera y dependiendo si éstas han sido fortificadas con resinas de peso molecular pesado, la cera puede ser emulsificada y lavada rápidamente o esta puede formar manchas coloreadas con partículas de tinta que son difíciles de remover de la pulpa en el lavado. Las cargas aplicadas como fusión pueden ser de cera de parafina al 100% o pueden ser de cera parafina modificada (modificada con un 10% de goma de butil, poli-isobutileno, polietileno, u otras resinas). Las cargas de fusión caliente (Hot Melt) son generalmente a partir de parafina, pero pueden contener modificadores especiales tales como el etil celulosa, goma ciclizada, copolímeros de estireno - butadieno. Dependiendo de la proporción de cera o de la fusión en la cocción y dependiendo de sus propiedades, los materiales pueden emulsificarse y salir de la pulpa o ellos pueden tener oposición al lavado.

### c) Solventes

Estos pueden ser depositados al papel por medio de solventes orgánicos y consiste de nitrato de celulosa, etil celulosa, acetato de celulosa, butirato acetato de celulosa, vinil copolímeros, cloruro de polivinildieno. El nitrato de celulosa tiene buen grosor y resistencia a las grasas, con pequeñas adiciones de parafina resisten el paso del agua en vapor. El acetato de celulosa forma una película dura, limpia, durable y grasosa, el butirato acetato de celulosa y el triacetato de celulosa es usado como material de carga por su alta resistencia a la temperatura.

Las cargas de vinil comprenden una familia de una composición química variada con un rango de buenas propiedades incluyendo resistencia al vapor de agua, calidad en el sellado con calor, esfuerzo, resistencia especial a algunos solventes. Esta última propiedad mencionada les da una aplicación especial en el empaque, las películas aplicadas del solvente pueden causar problemas en el destintado.

Las cargas de goma natural son excelentes para la resistencia del vapor de agua, combinado con fuertes propiedades de sellado con calor y son efectivas sobre un amplio rango de temperaturas. Las gomas sintéticas como los copolímeros de estireno - butadieno tienen propiedades similares y son menos problemáticas al aplicar.

### d) Látex

Los látex son polímeros o copolímeros dispersos en agua. Son ampliamente usados como fijadores y saturadores para el papel y cartón. Los látex a partir de estireno - butadieno y de acetato de vinilo son usados como pegamento para cargas de arcilla en papeles de impresión porque les imparte una alta calidad a la superficie de impresión. Como carga de encuadernación normalmente no causan problemas en el reuso. Los látex acrílicos como cargas sobre el cartón son muy usados, proveyendo buena resistencia al agua, alto brillo a

la tinta buen barnizado, y buen pegado. Puede ser origen de problemas en el reuso. Hay otras resinas que también sirven como materia prima para látex comercial usado sobre papel y cartón. Dependiendo del tipo de resina y sobre el grosor de la carga o saturado, las resinas pueden ser lavadas y dispersadas o pueden determinar la calidad de la pulpa.

#### e) Cargas extrudadas.

Las resinas de polietileno, polipropileno y la poliamida (nylon) aparecen sobre el papel como cargas aplicadas por métodos de extrucción. Tales cargas pueden ser más problemáticas que las cargas de solventes porque a menudo son tan delgadas que no pueden desintegrarse durante el cocimiento o en la operación de desfibrado y de esta forma tienden a hacer al papel quebradizo dentro de una pieza larga comparativa. Ese contaminante dañará a la pulpa solo si es tan pequeña que pueda pasar el tamiz. No es muy común que cada uno de los contaminantes sea removido por un tamiz (screens) o por un limpiador centrífugo (Cleaners), y usualmente suficientes fragmentos pequeños pueden alterar la calidad final de la pulpa. Sin embargo una carga de polietileno puede ser manejada exitosamente con un equipo y conocimiento apropiado. Esto es análogo a la contaminación por esfuerzo húmedo en el cocimiento, pero es posible recuperar la fibra exitosamente del cocimiento usando los métodos y químicos adecuadamente.

Usando limpiadores centrífugos inversos, la celda de flotación y El tamiz es posible remover un alto porcentaje de contaminantes.

#### 2.3.2. Adhesivos

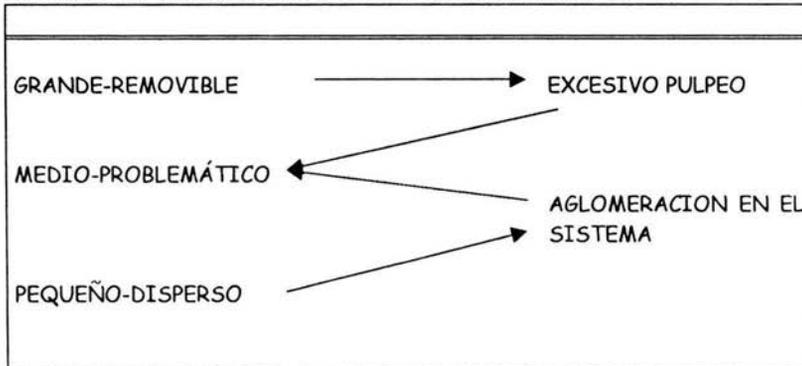
Hay muchos tipos de adhesivos, por ejemplo, adhesivos vegetales, gomas animales, adhesivos de caseína, adhesivos en base de gomas, adhesivos de resinas sintéticas, y adhesivos inorgánicos. Las fibras secundarias pueden contener esos adhesivos en varias formas. Por ejemplo, en los sobres para cartas, en las etiquetas, en las cintas adhesivas, sobre la costilla de los libros, en los papeles para notas que contienen goma, en las revistas. Los adhesivos sensitivos a la presión son obvios por su carácter encolante y se pueden encontrar entre dos piezas de papel.

Los adhesivos, o stikies como son llamados, pueden ser clasificados de diferentes maneras. En la tabla 2.3.2, se enlistan los stikies de acuerdo a la composición química y en la tabla 2.3.3 se da una lista por parte del Instituto del Papel de la clasificación química de los stikies por tamaño. En los siguientes puntos se mencionan varios tipos de adhesivos.

Tabla 2.3.2 Stickies

Composición Química		
Resinas	Polivinil Acetato	
	Polivinil Alcohol	
Hot Melts	Poliestireno	Ceras
	Polipropileno	Alquitrán
	Poliétileno	Asfalto
		Pitch
Resinas resistentes a la humedad	Parez	Melamina
	kimeno	Urea
Látex	Goma SBR	Adhesivos sensitivos a la presión
	Vinil Acrílicos	Otros sintéticos

Tabla 2.3.3. Clasificación de Stickies basado en su tamaño



#### a) Adhesivos vegetales

Los adhesivos vegetales son producidos de las flores y almidones de las gomas naturales solubles en agua. Una de las gomas naturales solubles en agua más importante es la goma arábica, la cual es muy usada para los adhesivos químicos. El almidón puede ser modificado por un tratamiento de calor o por oxidación para dar dextrinas y otros productos. Las dextrinas dan altos sólidos y buena adherencia requerida de un adhesivo que entra a la máquina. Muchos químicos, incluyendo resinas disponibles son a menudo adicionados a las dextrinas para modificar sus propiedades. Las dextrinas y otros adhesivos vegetales en las formulaciones usuales no dan problemas en el destintado.

## b) Gomas Animal

Las gomas animal son derivadas del pescado, del cuero animal, hueso y pedazos de cuero. Estos son ampliamente usados como adhesivos sobre el papel, a veces en conjunto con otros materiales los cuales modifican sus propiedades. Regularmente son fáciles de remover en el destintado.

## c) Adhesivos de caseína

La caseína es una proteína compleja derivado de la leche, Ya que la caseína es soluble en agua, se disuelve rápidamente en una solución alcalina y adquiere excelentes propiedades. Es usado como encuadernador de cubiertas de papel, la caseína es a menudo combinada con látex y con emulsiones de resinas para proveer propiedades tales como resistencia al esfuerzo y al calor, aceite y al agua. Un mejor uso de los adhesivos de caseína es en las etiquetas que llevan las cervezas y las bebidas que están en contacto con agua o con hielo y que son fáciles de remover. Los adhesivos de caseína en si no son problemáticos en el destintado ya que son solubles en solución alcalina. Sin embargo las mezclas o combinaciones con resinas y látex pueden producir aglomeraciones insaponificables durante la operación de destintado.

## d) Adhesivos base - hule

Los hules naturales y sintéticos son sustituidos como soluciones en solventes tales como el hexano o como látex acuoso. Tienen una gran flexibilidad y excelente adhesión específica. Esto hace posible producir películas no pegajosas sobre el papel o cartón. Las películas son capaces de producir cadenas inmediatamente después de adicionar otra capa o película. Esta única propiedad ha dado al campo del empaque a sus cubiertas de cartón y al sellado del papel por presión únicamente. Esto elimina la necesidad de un periodo de secado en la línea de producción. Son ampliamente usados en cartón, cajas corrugadas, sobres, y etiquetas. La modificación de estos tipos de adhesivos sirven como encuadernadores de libros y revistas.

Los adhesivos basados en hule son extremadamente problemáticos y a menudo son rechazados a menos que se encuentren en el batch en una cantidad muy pequeña. Cuando llega a suceder que una cantidad pequeña pase, se puede remover por un equipo de limpieza mecánico.

## e) Adhesivos de resinas sintéticas

Los adhesivos sintéticos basados en emulsiones de altos sólidos de resinas sintéticas tales como el acetato de polivinilo ha sido muy importante por su habilidad para producir

cadenas resistentes al agua entre superficies difíciles con alta velocidad y eficiencia. Estos adhesivos después de ser colocados no pueden ser re emulsificados o saponificados en solución alcalina. Sus usos típicos son en los contenedores de alimentos congelados, contenedores de cartón para la leche, bolsas y películas plásticas. Dependiendo de la proporción de adhesivo, del diluyente, de la fuerza de la capa y de la desintegración del adhesivo para ver si el tamaño de las partículas ocasionan el problema.

#### f) Adhesivo inorgánico.

La solución del silicato de sodio (vidrio agua) en formulaciones y concentraciones disponibles, es el más comúnmente usada como adhesivo químico inorgánico. Es aplicado en forma líquida y este material cristaliza en forma dura. Es usado principalmente como sellador. El silicato de sodio no constituye un problema porque la película que forma es desintegrada o es fácil de disolver en solución alcalina y la película es removida en los tamizadores o por las centrífugas.

### 2.3.3. Tintas de impresión

Una clasificación de las tintas fue desarrollada por TAPPI\* y se basa en la aplicación, la química típica, y en la forma en la cual la tinta es aplicada y secada sobre propiedades especiales.

#### a) Tinta para papel periódico

Las tintas para papel periódico, excepto en la impresión gravosa son empleadas, se seca por absorción de la tinta dentro del papel. El papel usado es sin cubierta y posee una superficie rugosa la cual permite que la tinta penetre rápidamente. La tinta contiene aceite mineral, pigmento y poco o nada de encolante.

#### b) Tintas para offset y de impresión.

Las tintas tipográficas y litográficas caen dentro de varias clasificaciones e incluyen aquellas que secan por oxidación, evaporación a elevadas temperaturas, por penetración, coagulación, o por sistemas combinados. Para este proceso se presiona la hoja y se adiciona temperatura para su secado por varias horas. Las tintas son hechas a partir de barnices que son transformados después de ser adicionados de líquidos a sólidos por un bajo proceso de oxidación. Las marcas reconocidas son de una serie de este tipo de tinta hecha basado en aceite que ebulle a 307 - 316 °C variando los periodos de tiempo de secado. Las moléculas de aceite llevan a cabo una reacción de Polimerización, con un incremento en el peso molecular y en la viscosidad, pero su resistencia al ataque a los agentes de destintado no incrementa significativamente. Cuando el aceite de linaza es

\*TAPPI: Technical American Pulp & paper Institute

apreciablemente más alto en precio que el aceite de soya, la carta, cuando es ordinariamente baja en secado y es ligera la tinta para usarse, puede ser "actualizada" reaccionando esta con estireno u otro compuesto insaturado hasta que se reemplace al aceite de linaza satisfactoriamente. En efecto, para una velocidad de extra secado y de resistencia a la fricción, el aceite de linaza es algunas veces actualizado en una forma similar u ocasionalmente, es reemplazado por un aceite o resina de cadena larga. Esta reacción de actualización o el reemplazo con alguna resina hace que el encuadernado sea menos resistente al ataque en el destintado.

Las tintas de este tipo seguirán siendo usadas para trabajar imprimiendo libros y muchas publicaciones de circulación. Pero, hoy en día una gran mejoría se ha visto en los procesos de impresión donde se imprime en los dos lados del papel, encuadernar y enviar a través del país en unas cuantos minutos u horas después de haber terminado el trabajo. Algunos de ellos usan procesos de retrograbado y unos cuantos de litografía y de prensa. Esta impresión de alta velocidad no permite el tiempo para la oxidación o para la Polimerización: el vehículo puede convertir instantáneamente de líquido a un sólido seco y la única forma práctica en que puede ser comprada es por medio de una solución de resina en un solvente que evapora de la película en fracción de segundos. El encolado que sobra puede ser duro y libre de goma tan pronto como el solvente se evapora. Una de las resinas que se usaron desde hace aproximadamente 60 años es la resina rocín la cual se endurece por neutralización con cal y óxido de zinc (algunas veces con cal únicamente) tanto que su punto de fusión incrementa a 150°C. Desde que este proceso de neutralización resulta un compuesto que es menos soluble en agua que el jabón de sodio de rocín, la solución de sosa cáustica no ataca rápidamente a éste; solo en una prolongada ebullición y en algunas ocasiones con la adición de jabón o detergente y de silicato o de fosfato, La adición ocasional de gasolina a la tinta hace que sea más resistente al destintado.

Otras clases de resinas usadas en el proceso de calor para tintas litográficas y tipografías es del tipo de fenol modificado. Esas resinas son compuestas del éster glicerol del rocín endurecido con un condensado de fenol y formaldehído. El rocín éster es por si mismo saponificable, pero el condensado de fenol formaldehído imparte considerable resistencia al álcali.

Los barnices del tipo sintético son a menudo usados como reemplazo para regular secado del aceite de barnices. El vehículo seca más rápidamente y forma una capa más gruesa y dura, y resistente al rasgado de la impresión. Las tintas litográficas tales como las de secado rápido y de calor pueden usar una combinación de resinas y de aceites saponificables tales como la linaza.

### c) Tinta flexográfica

Las tintas flexográficas (a menudo llamadas tintas de anilina) fueron originalmente tintas transparentes consistentes de un disolvente en alcohol. Hoy en día más del 80% de las tintas son usadas en este proceso consistente de pigmentos dispersados en un vehículo fluido de solvente y resina. Esas tintas secan por evaporación del solvente.

### d) Tinta de retrograbado

Las tintas de retrograbado usan una combinación de pigmento, solvente, y encolante. El papel puede tener una resina o un polímero sintético tal como la nitrocelulosa, etil celulosa, hule clorado, y resina vinílica. Frecuentemente, las resinas y los polímeros sintéticos son usados en combinación. La "Gilsonita" es usada en algunas publicaciones donde el fondo de color es deseable, y es familiar como la ilustrada "sección café" (como el periódico deportivo ESTO) del papel periódico. La Gilsonita es un betún natural de color negro cafésisco insaponificables el cual se disuelve en solventes de hidrocarbón. No necesita que se le adicione pigmentos para producir ricos colores cafés, verdes, negros, y el rojo oscuro puede ser fabricado incorporando el azul, negro, o pigmentos rojos brillantes. Cerca del 35% de la tinta de retrograbado es vendida en base Gilsonita; otro 30% es hecho de derivados de rocín como los que se describieron anteriormente, para una alta velocidad de impresión tipográfica. Los encolantes de los remanentes son usados para varios propósitos y son de una gran variedad de tipos: nitrocelulosa, etil celulosa, maleico, vinil, y resinas de metacrilato. La primera y la tercera son atacadas por álcalis, las otras son resistentes. Las tintas de retrograbado son fuertes, brillantes y se encuentran en cuatro colores de impresión.

Hay también una clase de tinta tipográfica de extremadamente rápido secado al aire usado en algunas publicaciones y en trabajos donde la velocidad de producción es esencial. Cada fabricante tiene su propia marca registrada pero las tintas son generalmente llamadas "Wink - dri" de la primera que fue introducida. Ellas dependen de su propiedad de secado rápido y del uso de una dispersión de látex contenido finamente dividido, partículas insolubles de ciertos hules sintéticos o derivados de hule. La porción volátil del vehículo es rápidamente absorbido o evaporado y el sólido remanente es de hule con pigmento como una película seca sobre la superficie. Ese encolante es resistente al álcali y presentan un serio problema al destintado.

### e) Tintas especiales.

Hay un gran número de tipos especiales de tintas. Estas incluyen las de colocación con calor, colocación en húmedo, (o colocación en vapor), rápida colocación, alto brillo, metálica, colocación con cera, agua - color, colocación en frío, magnético y fluorescente.

Las tintas colocadas con calor emplean una resina plastificante en un solvente el cual es evaporado a altas temperaturas y éstas pueden ser problemáticas. Las tintas colocadas en húmedo o en vapor usan fenoles modificados, o resinas ácidas furárica o maleica como encolante. Esas resinas son precipitadas fuera de la solución y colocado el pigmento al papel con vapor o con una aplicación fina de agua. Se imprimen en la envoltura de pan, los contenedores de leche, contenedores de comida congelada, tazas de papel, etc. Dado que el encolante tiene un alto número ácido son improbables los problemas al destintado.

La tinta de rápida colocación emplea una combinación especial de aceite y resina. Después de la impresión el material aceitoso penetra en el material, dejando una película de resina seca sobre la superficie. Esas tintas son más efectivas con ciertas cubiertas del papel. Tintas de alto brillo son frecuentemente combinaciones de aceites secantes con resinas sintéticas tales como las fenólicas modificadas y las modificadas de fenol. Las tintas de colocación de cera contienen un vehículo compuesto de una resina de cera insoluble disuelta en un solvente miscible en cera. Después de que la cera ha sido aplicada al papel encerado, la cera se lixivia con suficiente solvente para dejar una película seca de resina y pigmento sobre el papel. Tintas colocadas en frío usan pigmentos dispersados en ceras plastificadas, estas son aplicadas en caliente y solidificadas cuando se enfrían. Todas esas tintas especiales deben ser consideradas porque pueden ser potencialmente problemáticas. Dependiendo del grosor de la película y de la resistencia al álcali, ellos pueden destintarse bien o pueden causar problemas.

Las tintas de color en agua usan pigmentos o secantes en agua conteniendo una goma soluble en agua tales como la goma arábiga o la dextrina; ellas no causan problemas. Las tintas metálicas tales como el oro, la plata, y tintas de bronce usadas para la clasificación eléctrica puede causar problemas.

Las tintas fluorescentes son fáciles de reconocer y usualmente son considerados problemáticos en el destintado porque al desintegrarse forman partículas que son difíciles de remover.

## 2.4. Terminología

### Destintado:

No todos los papeles reciclados contienen material impreso o requieren de la remoción de la tinta antes de reusarse. Pero, para nuestra discusión, el énfasis es puesto sobre el reciclado de los materiales impresos tales como el papel periódico, revista, sobres, desecho de oficinas, etc., para lo cual es la remoción de la tinta o "destintado" que puede ser considerado como el mejor proceso. El destintado puede ser considerado como el lavado en casa, por ejemplo en la separación de material orgánico insoluble en agua de la fibra con la ayuda de detergentes o surfactantes.

**Fibra Secundaria:**

Para el sentido que le dan los americanos es la fibra que se puede utilizar por una segunda vez o en otra forma conocida como fibra reciclada.

**Pulpa:**

En este trabajo se menciona el término pulpa y es la fibra extraída de la madera y en algunas ocasiones también se encontrará el término pulpa destintada

**Stickies:**

Son gomas que aparecen durante el proceso de fabricación de la pulpa tanto en pulpa virgen (originalmente) y también en la fabricación de pulpa destintada, este material causa problemas en las telas de fabricación de papel.

**Papelote:**

En la bibliografía encontrada se traduce papelote como la mezcla del papel reciclado con el agua y químicos durante el proceso de desfibrado.

**Junker:**

Recogedor de desperdicios

**Médium y Liner:** es el nombre que se le da al tipo de papel de empaque la parte corrugada y una lámina delgada unidas.

**Viruta:** Son trozos pequeños de madera, también son conocidos como astillas.

**Pasta Mecánica:** es la celulosa que se fabrica por medio de un molino y no se le adicionan químicos, la pasta queda de color café.

# CAPITULO III. ECONOMIA DE LA FIBRA SECUNDARIA

### III. ECONOMIA DE LA FIBRA SECUNDARIA

El valor de la fibra secundaria depende no solo del precio sino también del tipo y costo de tratamiento y de tan bueno como sea el rendimiento, la calidad, y el tipo de material producido.

El precio de la fibra secundaria es la parte más grande del costo del papel final y depende principalmente de lo siguiente:

#### 3.1. Actividad del negocio

La capacidad de la pulpa de madera no incrementó mucho como se esperaba en la década de los 70s por la pobre economía, el alto costo, la preocupación ambiental, los gastos y el cierre de algunas instalaciones. El negocio fue improvisado y la demanda del desecho de papel incrementa sus precios dramáticamente hasta que la situación del petróleo causó una recesión en 1974 y 75. Los precios de todas las fibras rebotó en el 76, después se nivelaron durante los siguientes años hasta el 78 justo antes de que el mercado regresará fuertemente en el 79. El año 1980 mostró un desplome en la segunda mitad pero solo lo sintió el desecho de papel y no la pulpa virgen. La industria del papel de desecho sufrió mucho más que la pulpa de madera porque fueron mínimos los usuarios para el papel y el cartón, que cortaron la producción. La capacidad de fabricación incrementó tarde en los 70's, particularmente en papeles tissue y grado escritura/impresión resultando generalmente en una demanda mucho más grande para una fibra reciclada de alto grado.

#### 3.2. Costo e inventario de la pulpa de madera

El precio para cada grado de papel de desecho tiene una relación para el tipo de fibra virgen que reemplaza. El costo del papel periódico y del periódico blanco será más bajo dependiendo de su calidad pero definitivamente se reflejará su costo en el tipo de pulpa mecánica usada para producir el papel periódico o los grados de pulpa mecánica que contiene. Los sustitutos de pulpa blanca de alto grado de buena calidad están relacionados al precio de la fibra virgen blanqueada normalmente usada para hacer el mismo grado de papel. Los grados destintados pueden caer dentro de la misma categoría pero permitidos solo por el precio y que pueden hacer que los procesos de tratamiento sean costosos, junto con el rendimiento y la calidad realizada de la pulpa final. No existe nada que cambie el costo de la fibra virgen, tal como el costo de las virutas de madera o por un desplome en la demanda de los tipos de maderas, que pueden afectar el nivel de precio de la fibra secundaria. El inventario de la pulpa de madera siempre ha afectado los precios de la pulpa pero esto ha sido controlado por una limitación en el suministro de madera para permitir lo bajo de los precios.

### 3.3. Demanda regional

La demanda regional varía considerablemente ya que en México no se cuentan con grandes centros de acopio como en los Estados Unidos y la fibra secundaria es recopilada por pocas empresas como Recycle, o Titán del grupo Durango y la calidad y tipo de papel varía. Actualmente las plantas de destintado que existen utilizan una combinación entre papel nacional y el papel de importación esto dependiendo de la calidad y tipo de producto final. Además en México todavía no se tiene la cultura del reciclado y puede variar la calidad del papel dependiendo la zona donde se recopila el material, y por otra parte esto también afecta al precio de la materia prima.

#### 3.3.1 Suministro contra las necesidades municipales e industriales

Los precios del desecho de papel serán determinados por la demanda y para que esto sea asumido el suministro no debe cambiar. Hay más desecho de papel para ser obtenido pero éste es pobre de calidad y debemos de aprender como utilizarlo. Hasta que los precios la forcen a incrementar, este es un commodity que su tendencia va hacia abajo en cuanto a la calidad cuando la demanda incrementa debido a una mayor mezcla de grados. Actualmente, existe un alto uso de los grados altos para la fabricación de papeles de escritura y de impresión, causando un incremento en el precio para la industria tissue.

### 3.4. Transportación.

Los costos de la transportación también afectan el costo de las fibras especialmente en regiones donde la distancia del proveedor de materia prima está más alejado. La mayor parte de las plantas en México tratan de ubicarse cerca de las materias primas. Si no se realizara esto, se tendrían que buscar fibras lo más barato posible, pero su calidad sería más baja.

### 3.5. Las características de la fibra

Lo económico de la pulpa reciclada está influenciada por ciertas características técnicas. El reciclado ofrece las siguientes ventajas:

1. Libertad de completa dependencia del mercado de la pulpa.
2. Origen confiable de pulpa durante tiempo de falta de pulpa en el mercado
3. Precio usualmente favorable comparado con el grado que le corresponde del mercado de pulpa.

4. El tipo de pulpa destintada disponible para uso en papeles de impresión usualmente imparten propiedad especial para la terminación de los papeles comparados con papeles similares a los hechos de pulpa de papel: a) incrementa la opacidad; b) menor tendencia al crepado para cambios en contenido de humedad. c) menos pelusa; d) mejor formación, e) Mejor retención de tamaño; y f) suave y de carácter menos frágil.

Las siguientes son las desventajas del destintado de la pulpa:

1. El esfuerzo al rasgado puede ser bajo, porque las fibras pueden ser más cortas de lo deseable para un papel dado. En este caso, esto puede ser necesario para incrementar la proporción de la fibra larga de pulpa virgen. La blancura, también puede ser baja, lo cual restringe la proporción de pulpa destintada usada.
2. El stock puede ser lento (bajo freeness), resultando en un pobre drenado el cual puede limitar la velocidad de la máquina de papel. La adición de pulpa virgen puede ser necesaria para mejorar el drenado en la tela.
3. Hay a menudo un problema con la suciedad en el papel causado por la tinta u otro contaminante que tenga el desecho de papel cuando no es removida totalmente durante el cocimiento, limpieza y operaciones de lavado.
4. Serios problemas pueden resultar de las partículas de stikies causado por los materiales adhesivos de varias procedencias.
5. Puede tener una variación en el color, blancura, esfuerzo y freeness de la pulpa destintada de vez en vez por los cambios en la naturaleza del origen de la materia prima, ésto también causa problemas en la operación de la planta de destintado.
6. Variación en la composición de la fibra puede ser problemática. Algunos papeles pueden ser libres de pulpa mecánica para reunir las especificaciones. En tales casos la pulpa mecánica variable en la pulpa destintada es insatisfactoria a menos que ésta sea en trazas.

# CAPITULO IV. EL PROCESO DE RECICLADO

## IV. EL PROCESO DE RECICLADO DE LA FIBRA SECUNDARIA

### 4.1. Procesos y Equipos

Fundamentalmente, el equipo usado en el proceso de la fibra secundaria es el mismo tipo de equipo encontrado en las fábricas de pulpa y papel donde se procesa fibra virgen. Algunos de estos equipos son modificados para ser usados en la fibra secundaria donde usa diferentes tamaños de tamiz y malla. Los refinadores y el descamado tomarán una variedad para ser más óptimo el proceso. La fibra secundaria requiere muy poco refinamiento porque las fibras han sido preparadas para su uso específico.

Los sistemas de lavado de la fibra secundaria tienen que operar a bajas consistencias sin formar marañas apretadas para una eficiencia óptima. El material que es lavado de la fibra consiste más de partículas sólidas suspendidas que de sólidos disueltos como en el lavado de la pulpa con químicos. Para las plantas de fibra secundaria usan por lo regular las lavadoras del tipo "sidehill" la cual depende de la gravedad para transportar la pulpa.

En las plantas de fibra secundaria, los equipos de limpieza y tamiz son utilizados en muchas secuencias y más pasos que en una planta de pulpa virgen.

La única secuencia del proceso del cual está siendo usado depende del grado de la fibra secundaria que entra y del producto que es fabricado. Los diagramas de flujo son bien conocidos, pero un número único fue identificado durante una conferencia de TAPPI en 1972. Se puede decir que para las hojas de flujo, diseño, capital, costos de construcción y fabricación son desarrollados para producir:

1. Pulpa mecánica sin blanquear de papel periódico.
2. Pulpa mecánica blanqueada de papel periódico
3. Pulpa kraft sin blanquear de caja vieja de cartón corrugado
4. Pulpa grado impresión blanqueada de mezcla de papel.

#### 4.1.1. Procesos fríos

La distinción entre proceso frío y caliente es hecho con referencia a la temperatura de pulpeo. La distinción no es precisa, pero la temperatura de operación está por debajo de los 60°C y es referido como un proceso frío. La temperatura incrementa a niveles donde no es necesario la adición de calor en forma de vapor al pulper, pero puede ser afectada si se adiciona agua caliente de recirculación.

Los procesos en frío se utilizan generalmente donde no se requiere dispersar o disolver cargas, tinta de impresión, y de tratamientos de superficie relacionados. La dispersión no

se requiere cuando la remoción de tinta por flotación es empleada. El reciclado de papel corrugado se realiza generalmente en procesos fríos donde se recicla papel del tipo computer printout para fabricar papel del grado tissue. Se requieren más procesos para la recuperación de fibra secundaria de cubierta de plástico en el proceso en frío para prevenir la desintegración de la cubierta de plástico en partículas pequeñas.

El uso de ligeras temperaturas elevadas, incrementa la velocidad de desfibrado, de esta manera incrementa la capacidad del equipo. Igualmente es importante la reducción en el consumo de los caballos de poder para el pulpeo cuando se operan a temperaturas elevadas,

Muchas plantas de papel cartón usan procesos en frío para sus sistemas de fibra reciclada.

#### 4.1.2. Procesos calientes

La mayoría de los sistemas de procesos para la fibra secundaria emplean un pulpeo en caliente y al comienzo o a la mitad de las secuencias del proceso. El destintado, la dispersión del asfalto, el rompimiento de resinas fuertes a la humedad y de barnices requieren un proceso de alta temperatura. Las operaciones de alta temperatura pueden llevar una dispersión de contaminantes; y los contaminantes y sus formas dispersas pueden llegar a ser parte de un nuevo producto. Con la adición de químicos convenientes, los contaminantes serán disueltos hasta que finalmente sean dispersados durante las operaciones de alta temperatura para que puedan ser removidos fácilmente por procesos más adelante. La fabricación de pulpa de alta blancura y alta pureza para papeles finos requiere operaciones de alta temperatura.

En los procesos de destintado por flotación no se emplean altas temperaturas porque esta temperatura le afecta a la tinta y puede ser dispersada en toda la fibra.

#### 4.1.3 Equipos

El uso final de la fibra secundaria es un punto importante para poder escoger los equipos que se van a utilizar en el proceso de reciclado de la fibra, esto es muy importante y a continuación se mencionarán algunos equipos más relevantes durante el proceso de la recuperación de la fibra. Los equipos principales se mencionan a continuación:

1. Hidrapulper
2. Lavadoras
3. Espesadores
4. Limpiadores

5. Tamiz
6. Celda de flotación
7. Torre de blanqueo

#### 4.1.3.1 Hidrapulper

El corazón del proceso de reciclado es el pulper (o Hidrapulper) en continuo con extractor de trenza (ragger) y recogedor de desperdicios (junker), tal como se ilustra en la fig. 4.1, Los contaminantes como son las cuerdas, los alambres y los trapos son eliminados en continuo de la pulpa en forma de "trenza". Los objetos pesados son arrojados a una cavidad de la periferia del pulper por la fuerza centrífuga; este material es eliminado por una "torre recogedora de desperdicios" (junking tower) mediante un elevador de cangilones.

Muchos sistemas de reciclado también utilizan un triturador secundario en línea. Además de una mayor desintegración, este equipo puede realizar una separación de impurezas pesadas y de baja densidad. Las unidades en línea generalmente consisten en una carcasa cónica que contiene la turbina desintegradora. Una placa de acero inoxidable con perforaciones de pequeño diámetro que está colocada inmediatamente detrás del rotor. La pulpa aceptada pasa a través de la placa y es recogida en un canal anular.

Dependiendo de su diseño o función, los trituradores secundarios se designan como dispersores, "fiberizers", o despastilladores.

Además del diseño del equipo y la energía aplicada, las principales variables que afectan al grado de desfibrado son la temperatura y la consistencia de la pulpa. En general, una temperatura más alta facilitará la desintegración, mientras que las necesidades de energía son reducidas debido al incremento de la fluidez. En un sistema típico de desintegración de papelote, la pulpa pasa a través de los pequeños agujeros de la placa de extracción del pulper hacia un depurador dinámico de alta consistencia para eliminar los contaminantes de pequeño tamaño y alta densidad y a través de un clasificador (depuración probabilística o por tamaño) de tamiz fino. Un despastillador se utiliza para completar la separación de las fibras del rechazo del depurador probabilístico

#### 4.1.3.2. Lavadoras

En el proceso de destintado es fundamental un paso de lavado. Una vez que la tinta ha sido removida de la fibra, generalmente por medios químicos o mecánicos, hay tres formas básicas para su remoción de la pulpa acuosa:

1. Lavado. Este es un proceso mecánico de remoción de la tinta, cenizas y partículas de suciedad de la pulpa. Esto puede realizarse sobre un amplio rango de consistencias de stock y de condiciones de operación usando diferentes tipos de equipos. El lavado efectivo depende principalmente del tamaño de la partícula.
2. Flotación de espuma. Este es un proceso químico - mecánico y selecciona la tinta por la flotación de la tinta de una suspensión diluida. Es muy usual este tipo de proceso en el desecho que no contiene tinta que sea dispersable en el agua.
3. Otros dispositivos mecánicos. Por ejemplo los limpiadores centrífugos, que pueden ser usados en la remoción de cenizas o de partículas de cargas en ciertas instancias. La extensión de la remoción depende de la densidad de la partícula, o el tamaño de la tinta/carga.

#### a) Espesamiento vs lavado por dilución

A través de los mismos dispositivos mecánicos pueden ser usados para el lavado o espesado, los dos procesos no son lo mismo. El espesamiento involucra solamente la remoción de agua mientras que el lavado atiende la remoción de partículas o sustancias disueltas. Los equipos a menudo tienen limitaciones funcionales y a través de todos los dispositivos de lavado por dilución son Espesadores, un dispositivo de espesador no necesariamente es una buena lavadora. La disposición del agua de un aparato es también importante, como un aparato de lavado es justo un espesador a menos que su efluente sea removido del sistema directamente o a través de otra lavadora.

En un sistema de destintado, el espesamiento es comúnmente requerido para: (a) recuperar agua de la pulpa y (b) concentrar la fibra para un tratamiento más eficiente.

Una apropiada selección de los equipos y una apropiada disposición de los flujos puede incrementar la eficiencia del sistema por una combinación de pasos entre el lavado y el espesamiento.

#### b) Las características de operación de las lavadoras.

Los equipos de lavado varían considerablemente en el diseño, operación, rango de consistencia, y la unidad de capacidad, en cada uno tiene asociado ventajas y desventajas. Cada tipo de lavadora tiene un rango de operación, Los resultados de una lavadora están relacionados a las características de la fibra y varían de alimentación en alimentación. Los resultados de un tipo particular de lavadora puede variar con su función y operación interna. Los resultados específicos son primeramente una función de:

- a. Tipo de alimentación y freeness
- b. Consistencia en la entrada

c. Variables mecánicas del equipo, tales como la velocidad, malla del tamiz, o la presión del tornillo.

Los tipos de lavadoras se dividen por el tipo de consistencia que se manejan y están clasificados como baja, media y alta consistencia.

c) Lavadoras de baja consistencia

1. Cribas Sidehill

Estas cribas son las lavadoras más simples (fig. 4.2). El stock es introducido a la criba por la parte de la cabeza de la caja. Un deflector corriente abajo es instalado a la corriente antes del flujo dentro de la malla. Como la pulpa cae en una descarga de la caja, se le quita agua drenada a través de la criba y es colectada en un compartimento de agua. Las lavadoras Sidehill son únicas y el material no fibroso es formado en otro dispositivo de lavado.

2. Deckers de gravedad

El decker de gravedad o tambor espesador (fig. 4.3) es probablemente el más común, y más convencional equipo de lavado. En situaciones donde la consistencia de descarga es de un 4-6%, provee la más alta producción por pie cúbico. Los más modernos Deckers generalmente consisten de un cilindro de acero inoxidable perforado en la cubierta con una malla, montada horizontalmente en una teja larga o en una batea de acero inoxidable. El diferencial de la cabeza entre los niveles del stock en la batea y el efluente a un lado del cilindro causa un flujo a través de la malla dentro del compartimento del efluente. Las terminales del cilindro están selladas para mantener el efluente, y este nivel dentro del cilindro es controlado por un arreglo. Como el cilindro esta rotando existe una pérdida de material fibroso en la malla; a su vez esta es movida por un rollo de goma y removido por una hoja para la descarga. Las regaderas están a menudo instaladas para una limpieza continua de la malla.

Un gran número de variables afectan la uniformidad de la formación del material, la consistencia de la descarga, y la consistencia del efluente, incluyendo los niveles del stock en la batea, el diferencial de la cabeza, la velocidad del cilindro, y la consistencia de la entrada.

d) Lavadoras de consistencia intermedia.

1. Extractor de tornillo inclinado.

Un extractor de tornillo inclinado (fig. 4.4) consiste de un tornillo rotatorio volante (o de una forma aérea) con un cilindro de acero inoxidable de placa delgada perforada (o platos de tamiz cilíndrico) inclinado típicamente a 60° del horizontal. La entrada del stock en la parte baja del tubo con una cabeza de 61 o 91 cm y es llevado a la parte superior para descargarlo. El efluente es recogido en la parte de afuera y el fluido es enviado al compartimento para ser separado o tratado.

Para mantener en óptimas condiciones de limpieza el tornillo extractor tiene un cepillo de nylon fijo en el tornillo y tiene una regadera presurizada.

## 2. Filtro al vacío

El filtro al vacío debe ser mencionado ya que es una lavadora muy efectiva en la remoción de material disuelto. Sin embargo no es tan efectivo en la remoción de sólidos suspendidos por el efecto de la fibra comprimida sobre la varilla. Esto ha sido confirmado por el trabajo en laboratorio y en la operación comercial. Si la unidad de velocidad es incrementada y el vacío decrece, la fibra se pierde por la remoción de la tinta. Este equipo se parece al decker por gravedad en la operación, y su aplicación es similar pero su costo es mayor.

Un filtro de vacío es un equipo muy eficiente para espesar la pulpa y su ventaja incluye un efluente bajo en sólidos, alta consistencia en la descarga. La desventaja es que es muy costoso el equipo.

### e) Lavadoras de alta consistencia.

#### 1. Prensa Tornillo

Su operación esta basada sobre la compactación de la fibra y del drenado por gravedad en la operación de la prensa tornillo. La única similitud mecánica o funcional que tienen es que tienen un tornillo volante (fig. 4.5).

El tornillo mueve la pulpa hacia la parte final y el efluente es exprimido a través de la canasta tamiz y la pulpa es recolectada en una charola. El grado de compactación depende de la aplicación específica. La compactación es realizada de la parte del tornillo que decrece. Pasando por una malla y de ahí a la descarga. Las prensas vertical y horizontal son usadas como lavadoras en los procesos de destintado siendo la horizontal la que generalmente se usa para facilitar la alimentación y descarga siendo menos costoso y requiere menos mantenimiento.

Las perforaciones en la malla varía en tamaño y dependen de las aplicaciones y del fabricante. En una unidad comercial las perforaciones pueden ser de 0.58 mm a 4.76 mm. La pérdida de fibra y la consistencia del efluente es substancialmente menor que el de un tornillo extractor.

#### 4.1.3.3. Celda de flotación.

##### a) fundamentos de la flotación

La flotación es un proceso físico - químico de separación de materiales. Esta basado en el fenómeno de separación que es llevado por influencia de la humectación del agua con las partículas a ser separadas, si la superficie de esas partículas son hidrofílicas o hidrofóbicas. El agua repele de la superficie las partículas ha ser separadas y es llevado a cabo por la adición de químicos heteropolares especiales, llamados colectores (surfactantes), los cuales se depositan sobre la superficie de las partículas. En el caso del oro y la flotación en minería el componente afín - metal del colector depositado sobre la superficie de la partícula, el componente apolar tiene una cadena como  $C_nC_{2n+1}$ . Al mismo tiempo, las partículas tratadas pueden depositarse sobre las burbujas de aire que son introducidas dentro de la suspensión, estabilizada por las fuerzas que actúan sobre los límites gas - líquido. Como un resultado de la flotabilidad de las burbujas de aire, las partículas adheridas son transportadas a la superficie de la suspensión y pueden ser removidos. De entrada el proceso de flotación puede ser influenciado por la variación de los factores físicos y químicos de los compuestos químicos involucrados.

Las variables físicas incluyen el tamaño de las partículas y la densidad de las partículas, el tamaño de las burbujas de aire, la consistencia y la temperatura de la suspensión, también está involucrada la velocidad y las condiciones de flujo en la celda de flotación.

Por otra parte las variables químicas son la calidad del agua (por ejemplo dureza del agua), el valor de pH de la suspensión y los agentes de flotación tales como los colectores, controladores, activadores venenos para la flotación y los antidotos.

##### b) Celdas de flotación, máquinas de flotación.

La técnica de la flotación depende de las máquinas de flotación usadas. Una distinción es hecha entre el agitador de la celda, el compresor de aire, las unidades de subaeración, y las máquinas de flotación al vacío. Los más comúnmente usados son los agitadores de las celdas, éstas fueron las primeras en usarse en el destintado de fibra secundaria hasta 1981. El arreglo básico de las máquinas de flotación también juega un rol decisivo. Se tomó como referencia el diseño de las celdas de flotación que se utilizan en minería, el tipo de celda es conocido como la celda Denver (fig. 4.6). Fuente: [http://www.floatación.com](#)

marca Voith desarrollada especialmente para la flotación de tinta impresa (fig. 4.7), en los 80's, y después se trabajo con otro equipo de multi-inyector marca Voith, la segunda generación de este tipo de celda fue la celda de inyección Voith (fig. 4.8). La aireación y la dispersión del aire no es afectado por los agitadores y los estatores. También existen otros tipos y marcas de celdas como la Escher-Wyss tipo CF la cual fue introducida en 1985 aproximadamente, otra maquina es la celda de flotación cilíndrica marca Swemac desarrollada por Hellberg, las diferencias que existen en cada uno de los equipos está con relación a la posición del equipo y a los accesorios que se le adicionan pero en general el principio básico es el mismo. En estos equipos el objetivo principal es el de remover aparte de la tinta otros tipos de contaminantes que lleva la pulpa y también hace la función de lavadora.

Para el proceso de flotación existen varios métodos o procesos donde está involucrada la celda de flotación puede ir después del hidrapulper y antes del proceso de blanqueo, en otros casos es usado en dos etapas antes del blanqueo y después del blanqueo, todo esto dependerá del tipo de fibra secundaria a tratar y el grado de blancura a la que se pretende llegar.

#### 4.1.3.4. Limpieza y tamiz

Los equipos utilizados dependerán principalmente de la cantidad y el control de los contaminantes que se quiera tener en los procesos de destintado. Las fibras secundarias tienen un origen muy variado y diverso, así como pueden contener material de oficina como son clips, grapas, también pueden contener otro tipo de contaminantes, plástico, adhesivos, clavos, tachuelas, etc., y este material se tiene que eliminar de la pulpa, ya que en el proceso de fabricación de papel, servilletas o cualquier otro tipo de material final, afecta al equipo de fabricación del papel. Los equipos que se tienen principalmente son los screener (tamiz) y los Cleaners (Hidro ciclones).

##### a) Tamiz

La terminología generalmente aceptada para "screening" o tamizado es la de la remoción de contaminantes sobre la base de tamaño, y la de limpieza como la remoción de contaminantes de acuerdo a su peso, o gravedad específica. El tamiz emplea platos con ranuras o perforaciones de varias formas montados de tal forma que pueden variar de forma y pueden ser vibratorios, pulsados o rotatorios. Existen muchas opciones en equipo pero el punto fundamental es que el proceso de fibra secundaria requiere generalmente de una combinación de estos equipos en secuencia para que tengan la habilidad de manejar diferentes tipos de contaminantes y que tengan buen éxito.

## b) Limpiadores centrífugos

Los estudios sobre el retorno de los contaminantes al sistema de la pulpa han sido dirigidos por Winsor y Bushell quien reporta que de un 30 - 40% de los contaminantes son regresados a los sistemas con pérdida de fibras y son reducidos en un 50% de los rechazos finales por un tercer set de limpiadores. Los equipos separadores centrífugos estaban primero desarrollados para remover y enviar la arena de la pulpa alimentada fuera del sistema. Un limpiador típico es mostrado en la figura 4.9. Las unidades son ensambladas en grupo y por pasos. Las instalaciones más comunes son en tres pasos. La pérdida total de los rechazos con respecto a la cantidad de fibra usable es de aproximadamente 1% en peso con respecto a la entrada en el proceso. Más allá de la reducción de la pérdida de los rechazos es generalmente no práctico por el resultado de la alimentación de contaminantes dentro del sistema.

Como se puede ver, los limpiadores son más eficientes a consistencias bajas, pero esto implica un costo por el bombeo de la fibra.

## c) Limpiadores inversos

Durante la mitad de los 60's se trabajó intensamente en analizar los problemas asociados a la remoción con contaminantes termoplásticos. Esto era observado en los sistemas de limpieza centrífugo donde esos limpiadores originalmente se desarrollaron para separar sustancias con significantes diferencias en gravedad específica, llegaban a ser menos y menos eficientes en la remoción de partículas sucias. Siguiendo con el análisis llega a ser evidente que más y más de esas partículas eran de suciedad de peso ligero, eventualmente identificadas como aglomerados de material termoplástico con pigmento de tinta. Sin embargo esas partículas eran referidas para ser removidas por un sistema de flotación por aire disuelto en los limpiadores centrífugos donde eran removidos con el stock aceptado. Una nueva técnica fue desarrollada en 1968, llamado limpiadores inversos en donde un limpiador convencional es modificado para incrementar el tamaño de la abertura del cono o el final del flujo bajo del limpiador, el cual es normalmente el fin del rechazo y remueve los rechazos o los contaminantes de fracción ligera del flujo de arriba del limpiador, el cual normalmente es la terminal de los aceptados.

Los hidrociclones (fig. 4.10) son ampliamente usados en la industria de la celulosa y Papel para eliminar contaminantes de la fibra. La mezcla de fluido - sólido es inyectado tangencialmente dentro del ciclón, donde la energía de presión es usado para crear un movimiento rotacional de alta velocidad. La fuerza centrífuga resultante causa movimiento relativo de partículas suspendidas en el fluido, concentrando material de alta

densidad alrededor de la periferia del ciclón, de donde es removida vía flujo abajo. Las partículas de baja densidad migran en la parte central y son removidas vía flujo arriba.

#### 4.1.3.5. Torre de Blanqueo

Son tanques de diferentes dimensiones (dependiendo de la producción de la planta), que pueden tener flujos ascendentes o descendentes y que puedan mantener un buen tiempo de retención, temperatura y que puedan resistir alcalinidades con pH de 10 a 11.

Estos son los equipos que usan en una planta de reciclado de la fibra secundaria. Pero además para poder realizar el reciclado de la fibra secundaria, se necesitara saber primero que tipo de papel es el que se va ha fabricar para poder saber el tipo de proceso, de equipo y de material a usar. A continuación se presenta de una manera general el proceso de destintado

#### 4.2. Los diez pasos del destintado

Estos son los diez pasos básicos en el proceso de destintado

- \* Pulpeo
- \* Prelavado con circuito de químicos y calor
- \* Tamizado (de cargas y tamizado fino)
- \* Limpieza a través del flujo (o a la inversa)
- \* Limpieza de retorno
- \* Lavado
- \* Flotación
- \* Dispersión
- \* Blanqueo
- \* Recirculación de agua y Makeup

Muchos sistemas de destintado usan solamente algunos de estos diez pasos, y la secuencia en que ocurren varían. El diseño del proceso final depende de la naturaleza de las fibras recicladas y de los requerimientos de la pulpa terminada.

##### Paso 1: Pulpeo

El pulpeo en una planta de destintado se realiza por batch, a través de un pulpeo continuo y es usado para algunas aplicaciones específicas. El pulpeo continuo es posible cuando la cantidad de papel que es reciclado es uniforme y la adición de los químicos es simple. Este desarrollo es generalmente usado para sistemas de papel periódico a papel periódico y sistemas de ledger de alta tonalidad donde la materia prima es uniforme.

La figura 4.11 muestra un sistema de pulpeo continuo. El desecho de papel y el agua es adicionado continuamente al pulper en cada sistema. El stock es bombeado a través de un limpiador centrífugo a un tamiz a presión con orificios de 1.5 a 2.0 mm de diámetro. El stock aceptado es retenido en una caja larga por 1-1.5 h. Los rechazos del tamiz son enviados a un tamiz vibrador con agujeros de 3-5 mm de diámetro, donde los contaminantes más largos son removidos. Los aceptados del tamiz - vibrante son los que regresan al pulper. Este tamiz de presión también funciona como tamiz de cargas del sistema.

Muchas plantas hacen su pulpeo en baches. El pulper es llenado con un batch de desecho de papel, agua y químicos, y se hace el pulpeo durante una hora. Cada batch es pulpeado a 55-70 °C y a un pH de 9-11 la tinta es removida del papel de desecho en el pulper, para lo cual se operan consistencias de 8% a 16%. La alta consistencia, la temperatura caliente, y una agitación vigorosa hacen de esto un buen lugar para la adición de los químicos. El stock es diluido a 4-5% de consistencia para poder ser bombeado fuera del pulper.

La figura 4.12 describe un sistema ideal de pulpeo por batch consistiendo de un pulper y tres cajas (chests). Esta configuración permite al operador manejar cantidades de pulpa para la manipulación de la materia prima. Después de vaciar el pulper, el operador inspecciona el stock. Si el batch es satisfactorio, éste es bombeado al tanque de vaciado. Si el batch no reúne los estándares normales, el operador puede vaciar el pulper en un tanque de rechazos. El operador puede ir regresando este stock al pulper por cantidades pequeñas.

Los recientes desarrollos de pulpers de alta consistencia han incrementado los sistemas de pulpeo por batch. Estas ventajas incluyen:

- \* Mejor separación de la tinta y el incremento de la blancura en la pulpa
- \* El tiempo del pulpeo es reducido a menos tiempo que una hora por batch.
- \* Mejor interacción fibra a fibra aumentando la dispersión de las partículas de tinta.
- \* Bajos requerimientos de energía en el paso del pulpeo por incrementar el tamaño del batch para un pulper dado.

## Paso 2: Prelavado

El prelavado, algunas veces referidas como el circuito de químicos y calentamiento, se muestra en la figura 4.13 como una adición al sistema de pulpeo por batch de la figura 4.12. En un sistema de pulpeo continuo, el prelavado puede estar localizado para recibir aceptados del tamizado a presión. El paso de prelavado consiste de un tornillo de desagüe que incrementa la consistencia del stock en el tanque de vaciado de 4-5% a 14-16%. Los

efluentes de este proceso son recirculados a un tanque que es usado para la composición del hidrapulper.

Un equipo especial puede ser instalado en la línea de efluentes entre el tornillo de desagüe y el tanque para realizar una o más funciones específicas.

**Tornillo tipo Sidehill** - Este tornillo remueve finos, el aumento de los sólidos suspendidos en los efluentes del prelavado es reducido cuando esos finos son enviados corriente abajo.

**Celda de flotación**.- Este aparato remueve una gran porción de la tinta y arcilla, como ligeros de la carga sobre la contracorriente del sistema de destintado. Un buen tiempo puede ser relativamente corto.

**Clarificador**.- este aparato remueve tinta, finos, arcilla. Los finos removidos en este lugar no son usualmente deseables, mientras que un tornillo tipo sidehill es a menudo usado para sacar los finos y mandarlos a contracorriente. El clarificador que remueve la tinta y la arcilla, realiviando la carga sobre la principal corriente abajo del sistema de destintado.

**Setting Tank**.- Este equipo remueve una gran cantidad de arcilla, de tal manera que reduce la carga de sólidos en el circuito. Si un período de tiempo extra es adicionado a este tanque, una considerable cantidad de tinta puede ser removida.

El prelavado tiene varias características benéficas:

- ♦ El prelavado permite al agua caliente y a los químicos no usados ser reciclados en el hidrapulper.
- ♦ La corriente de los efluentes del prelavado contiene cantidades concentradas de tinta, finos, y rellenos tales como arcilla. Cada uno o todos ellos pueden ser removidos del efluente dependiendo de su uso.
- ♦ El prelavado actúa como un barrido de agua. Donde aproximadamente el 70% del agua es reciclada y un 30% va con el stock, el pH de la corriente es apreciablemente reducido.

El prelavado es una parte necesaria del proceso de destintado, pero el nivel de sólidos disueltos algunas veces son altos. Cuando esto sucede, esto genera un sangrado en el circuito. Este sangrado raramente excede el 10% del efluente reciclado, la concentración de agua para el prelavado va al sistema de conteo de la corriente.

A través de este paso de prelavado se proveen numerosos beneficios, aunque el equipo es muy costoso. Como resultado, la cantidad del primer paso es eliminada cuando los precios

son un obstáculo en el diseño de un sistema de destintado. Sin embargo es fácil adicionar un sistema de prelavado a una salida del sistema de destintado si las necesidades aumentan.

### Paso 3: Cribado.

El paso del cribado puede dividirse en dos procesos: Cribado de las cargas y cribado de los finos.

El proceso de cribado de las cargas ha sido descrito en la discusión del sistema de pulpeo en el paso 1. La figura 4.11 muestra una criba de cargas siendo usado en una operación de pulpeo continuo. Una configuración similar es usada en operaciones de pulpeo en batch, pero el pulper en la figura 4.11 deberá ser reemplazado por un tanque de dilución.

La figura 4.14 ilustra un sistema de cribado de finos, el cual consiste de:

- \* Limpiadores de densidad media para remover los más largos, levantador de contaminantes tales como grapas, clips, piedras y otros "contaminantes" que pudieran dañar o tapan las cribas finas u otros equipos de corriente abajo.
- \* Cribas de presión con ranuras finas (0.25-0.35 mm) para remover contaminantes ligeros tales como plásticos, plastificantes, y gomas.

El sistema de cribado de ranura fina en la figura 4.14 remueve los cuatro pasos de rechazo del sistema. Un sistema de tres pasos puede ser usado para operaciones de bajo tonelaje. Este tipo de sistema de cribado ha probado ser la más eficiente forma de remover las gomas que son encontradas en más residuales de tinta. El sistema en la figura 4.14 tiene los aceptados en el cribado secundario que regresa al cribado primario de la alimentación del tanque. Sin embargo, las ranuras finas son tan eficientes que en muchos casos los aceptados del cribado secundario pueden ser tomados de regreso sin sacrificar mucho en la forma de la eficiencia del sistema.

### Paso 4: Limpieza a través del flujo (limpiadores inversos).

Los limpiadores a través del flujo y los limpiadores inversos son usados para remover contaminantes ligeros (plásticos, gomas y cera) que han pasado a través de las ranuras de la criba. Previamente, muchos sistemas de destintado omiten estos tipos de limpiadores por su alta caída de presión (20-40 psi) y las altas velocidades de rechazo hidráulica (40-60%). El desarrollado de los limpiadores a través del flujo con bajas caídas de presión (10-15 psi) y bajas velocidades de rechazo hidráulico (5-15%) ha incrementado lo atractivo de su método de limpieza. Un sistema de limpieza reversible consiste de tres pasos de limpiadores y produce un gran volumen de agua que ha de ser

tratada antes de volverse a introducir al sistema de destintado. Con el limpiador a través del flujo los dos pasos del sistema mostrado en la figura 4.15 son más que suficientes, y los rechazos finales son concentrados dentro del volumen que es suficientemente pequeño para ser removido totalmente del sistema.

#### Paso 5: Limpieza delantera. (Forward)

Los limpiadores de finos son usados para remover los "contaminantes" que fueron tan pequeños o ligeros para ser removidos por el limpiador de densidad media y que fue aceptado por la criba de ranuras finas, y limpiadores a través del flujo (o limpiadores inversos). La figura 4.16 muestra un sistema de limpieza de finos de tres pasos típicos. Estos limpiadores operan a eficiencias máximas cuando la alimentación es realizada a bajas consistencias, típicamente de 0.6%.

#### Paso 6: Lavado.

La tinta es removida de la pulpa a través del desplazamiento por lavado. Los tipos más comunes de lavadoras son los Deckers de gravedad, cribas sidehill, y tornillos de desagüe (antes mencionado). La experiencia ha mostrado que un tornillo de desagüe en la posición de prelavado, un decker de gravedad para el primer paso, y sidehills para el paso de remoción provee un arreglo eficiente. El tornillo de desagüe es mejor colocarlo para el prelavado, ya que este actúa como el mejor barredor de agua, eliminando agua de la carga a 14-16 % de consistencia. El Decker de gravedad es el más costoso, pero reduce la pérdida de finos en el efluente. Esto ayuda al sistema a mantener una producción razonable, desde que el efluente de la lavadora del primer paso es clarificado. El sidehill es menos costoso, y los finos en esta corriente son recirculados al sistema del agua. El éxito de cada uno de los sistemas de lavado depende de la calidad del agua clarificada, la química de la concentración del agua, y un buen diseño del sistema de conteo del agua.

#### Paso 7: Flotación.

Si bien algunas tintas responden mejor al lavado de partículas de tinta otras tintas son más fáciles de remover con destintado por flotación. El destintado por flotación es más común en respuesta al desarrollo de nuevas tecnologías de impresión que usan tinta difíciles de remover. Muchos de los nuevos sistemas de destintado instalados hoy en día consisten de sistemas de flotación y lavado, lo cual provee gran flexibilidad en el manejo de varios tipos de tinta. Usualmente, la celda de flotación está localizada antes del primer paso de la lavadora. Esta localización ofrece muchas ventajas cuando no se incluyen pasos de prelavado.

- \* La adición química en el pulper provee mejor mezclado y permite el uso de una adición química simplificada en el sistema.
- \* El alto contenido de arcilla en la celda de flotación aumenta el efecto de la flotación
- \* La remoción de la arcilla en la celda de flotación reduce la carga de la lavadora e incrementa la eficiencia de la lavadora.
- \* El sistema de pH antes del lavado es más disponible para la operación de la celda de flotación.

La figura 4.17 muestra una celda de flotación típica.

#### Paso 8: Dispersión.

Un método alternativo de tratamiento de partículas de tinta es dispersarlos para que éstos sean lo suficientemente pequeños para no ser detectados en la hoja final. Un sistema de dispersión típica es mostrado en la figura 4.18. La dispersión ha sido usada exitosamente sobre tintas que son difíciles de remover, como la tinta ultravioleta, tintas xerográficas, y las tintas jet - print. Esta dispersión es llevada a cabo a consistencias medias (10-14%) y a altas consistencias (25-35%). Las temperaturas para los rangos de dispersión de tinta son de 49 a 88 °C. Los buenos resultados han sido obtenidos a 49 °C, pero éstas son algunas indicaciones de que a más altas temperaturas (77-88 °C) mejoran el proceso de dispersión.

#### Paso 9: Blanqueo.

El blanqueo puede ser completado en varios lugares en el sistema. Tres localizaciones comunes están mostradas en las figuras 4.19A, 4.19B, y 4.19C. La figura 4.19A muestra un blanqueo siendo adicionado directamente al pulper durante el ciclo del batch. Depende del tipo de carga de que este sea el único blanqueo requerido, esto elimina la necesidad de usar torres de blanqueo y de lavadoras de blanqueo.

La figura 4.19B es de un sistema de blanqueo de etapa corta. La torre de blanqueo es colocada directamente después de la cabeza y del tornillo de desagüe, permitiendo que éste opere a un 14-16% de consistencia. La necesidad de lavadoras de blanqueo es eliminada para colocar las torres de blanqueo a la cabeza del sistema de lavado. Sin embargo, existen dos desventajas: a) los finos y los rellenos removidos después por el primer lavado son blanqueados, lo cual incrementa el costo de operación; b) si la flotación es usada, un sistema de adición de químicos complicado es necesario para adicionar los químicos usados en el equipo de flotación - lavado.

La figura 4.19C ilustra el sistema convencional de dos torres de blanqueo después de las lavadoras de destintado. Este arreglo requiere una lavadora de blanqueo separada, y el efluente de esta lavadora debe estar ligado a un sistema de agua clara total.

## Paso 10: Recirculación de agua y composición.

Muchos problemas en los sistemas de destintado han resultado de una incompatible composición de agua y un pobre diseño de sistema de recirculación. Las dificultades comienzan con el factor del destintado donde toma lugar en un ambiente de pH alto, de tal manera que el proceso de fabricación del papel toma lugar usualmente en un ambiente de pH bajo. Mas allá de que las complicaciones incrementen el factor del pH a la máquina de papel, éste es usualmente controlado a través de la adición de sulfatos o talcos. La cantidad de agua disponible para la composición a la planta de destintado es del agua que regresa a la máquina de papel. Esta agua esta normalmente a pH bajo y contiene iones de aluminio del alumbre. Cuando es usado para el último paso de dilución de agua, esta carga de partículas de tinta suspendidas, causan rechazo de ellas mismas a la fibra. Si el agua regresa a la máquina es para ser usada como composición, el pH deberá ser controlado y la concentración de aluminio deberá de ser minimizado.

Estas son dos buenas reglas cuando se colocan juntas una planta de destintado y un sistema de tratamiento de agua. La primera regla es recordar que la mejor agua vista puede no ser la mejor para usarse como composición en un sistema de destintado. La segunda regla es mantener el circuito de agua circulando tan pequeño como sea posible para reducir los problemas potenciales que puedan ocurrir cuando varias corrientes son mezcladas.

Es también necesario para sangrar a un mínimo el flujo del sistema, controlar la formación de los sólidos disueltos, se ha encontrado que un mínimo de 2000 gal/ton es prácticamente exacto. Algunas plantas sangran un volumen de 20 000 gal/ton.

Estos son algunos procedimientos estándares que contestan a un sistema de agua completo de una planta de destintado. El efluente del primer paso es enviado al clarificador, donde la tinta, finos y rellenos son removidos. El agua clarificada es suplida con composición de agua, la cual puede ser igual a toda el agua perdida en el sistema, incluyendo la pérdida en la máquina de papel. Esta agua limpia es utilizada para la dilución del último paso de la lavadora. De aquí el flujo del agua es contado, con el efluente de cada lavadora siendo usada para diluir el paso siguiente. El sistema completo está descrito en la figura 4.20A y 4.20B que ilustra esta técnica.

En aquellos casos donde los limpiadores delanteros se encuentran entre el último paso de la lavadora y el siguiente paso de la lavadora, algo del efluente de la lavadora del último paso puede ser usado como dilución para los limpiadores delanteros ya que estos pueden requerir de una dilución anormal.

Fig. 4.1 Pulper

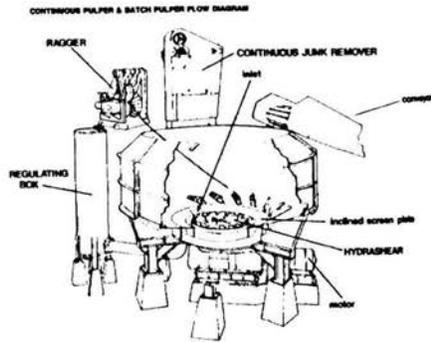
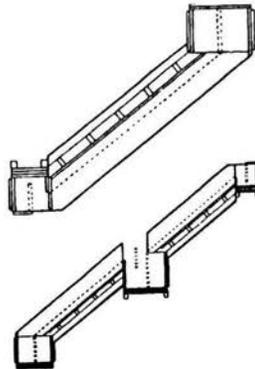


Fig. 16. Continuous pulper



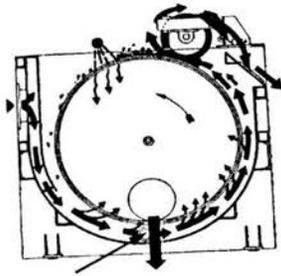
FES ZARAGOZA

Fig 4.2 Tamiz Sidehill



FES ZARAGOZA

Fig. 4.3 Decker



Gravity decker operation.



FES ZARAGOZA

Fig. 4.4 Lavadora Tornillo

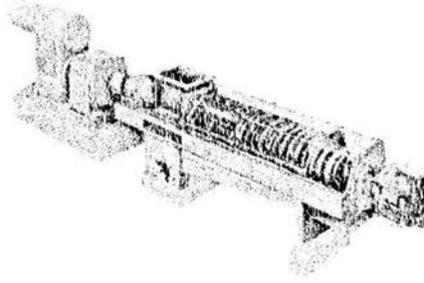


Screw washer.



FES ZARAGOZA

Fig. 4.5 Prensa Horizontal

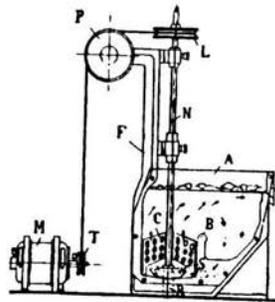


Horizontal press



FES ZARAGOZA

Fig. 4.6 Celda de Flotación

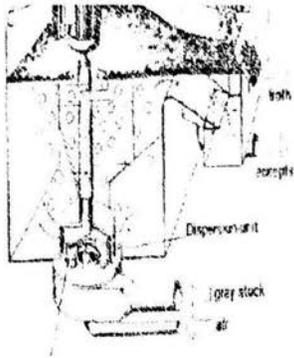


Kowalewski flotation cell.



FES ZARAGOZA

Fig. 4.7 Tipico de Celda de Flotación



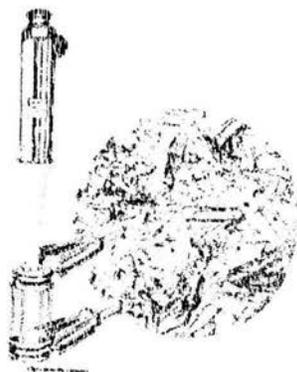
FES ZARAGOZA

Fig. 4.8 Celda de flotación



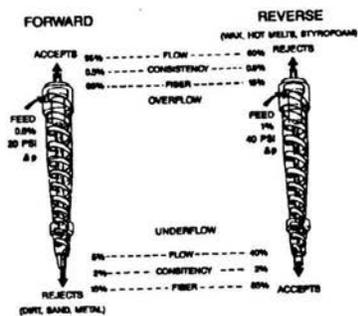
FES ZARAGOZA

Fig. 4.9 Limpiadores (cleaners)



FES ZARAGOZA

Fig. 4.10 Limpiadores inversos y reversos



FES ZARAGOZA

Fig. 4.11. Sistema de pulpeo continuo

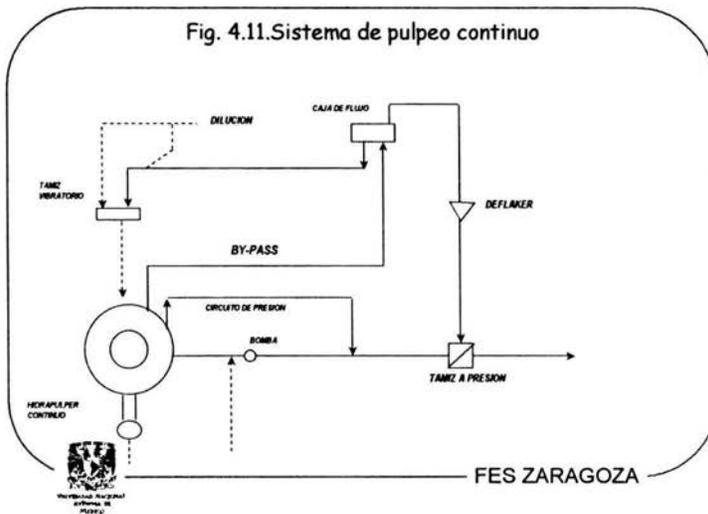


Fig. 4.12 Sistema de pulpeo por batch

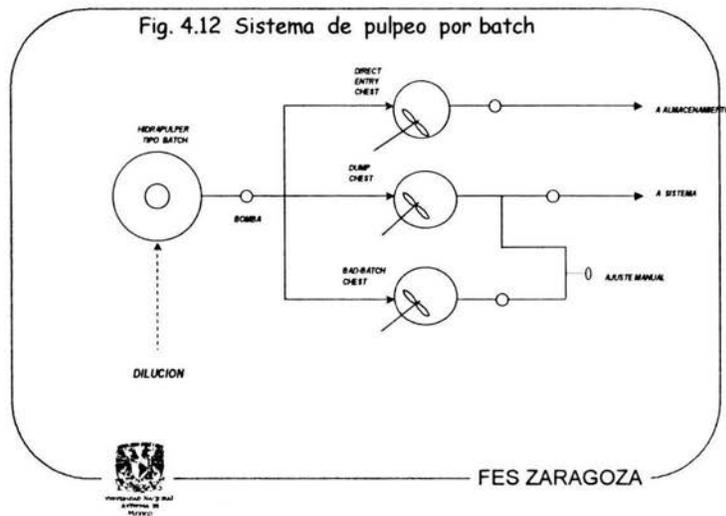


Fig. 4.13 Sistema con pre lavado

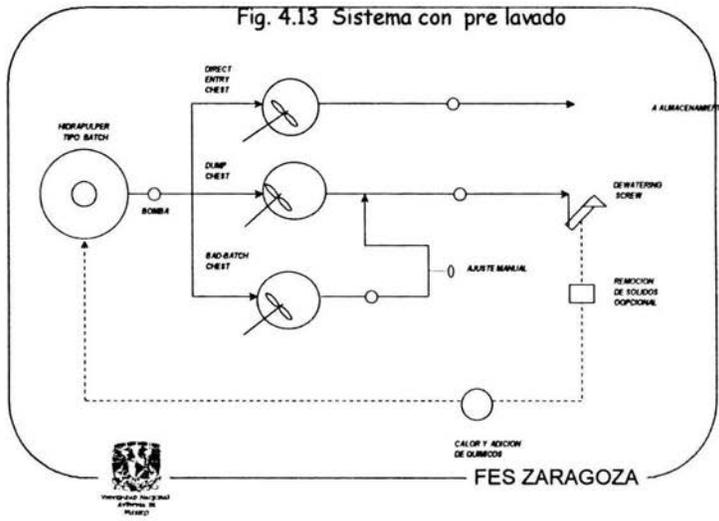


Fig. 4.14 Sistema con cuatro pasos de cribado

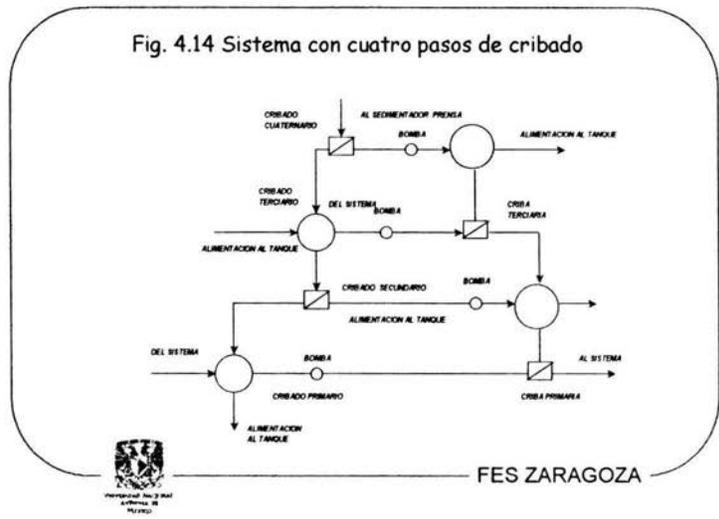
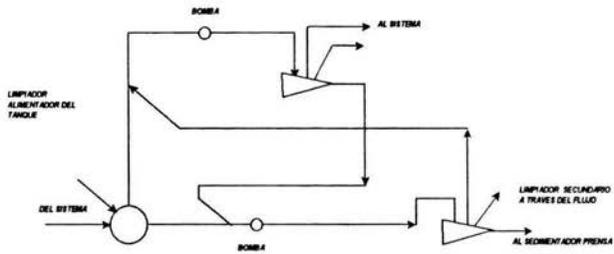
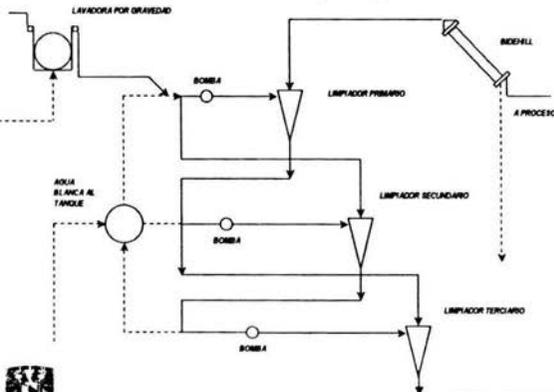


Fig. 4.15 Sistema de 2 pasos a través de un flujo limpiador



FES ZARAGOZA

Fig. 4.16 Sistema de 3 pasos a través de un flujo limpiador



FES ZARAGOZA

Fig. 4.17 Celda de Flotación

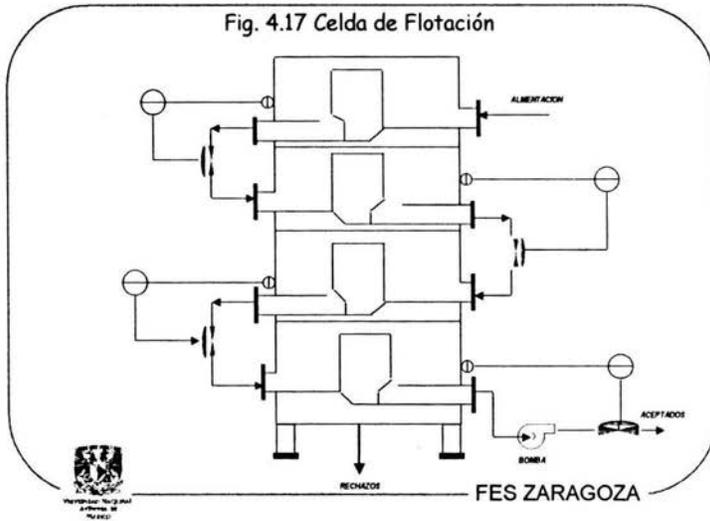


Fig. 4.18 Unidad de dispersión de tinta

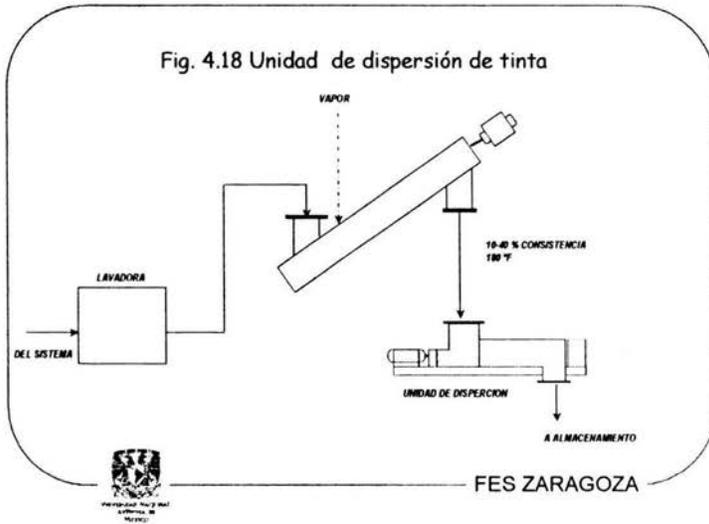


Fig. 4.19a. Blanqueo en el pulper

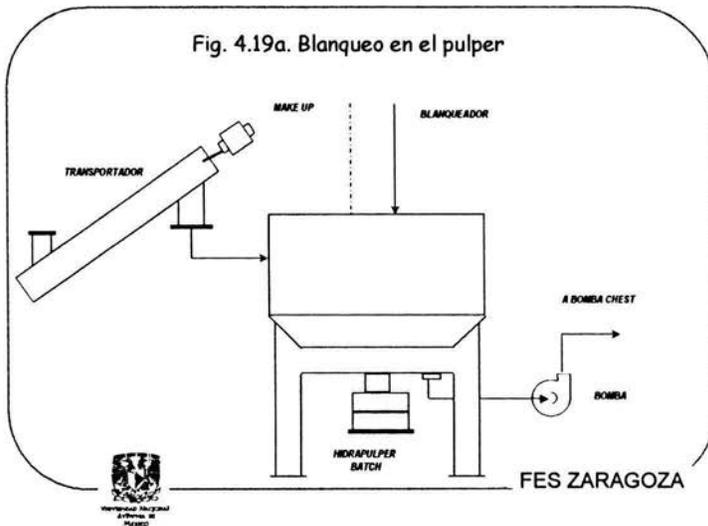


Fig. 4.19b. Blanqueo de paso corto

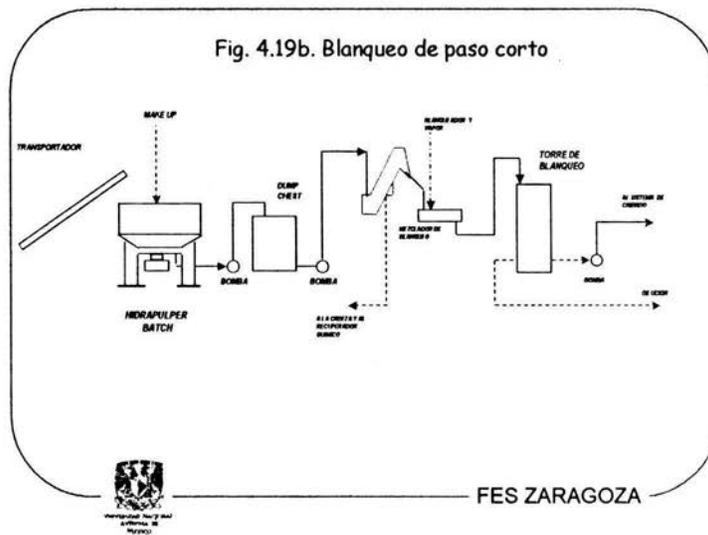


Fig. 4.19c. Blanqueo convencional

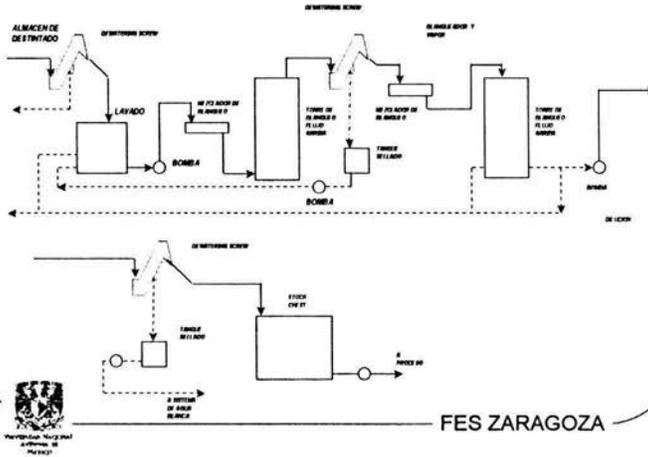


Fig. 4.20a. Pasos de destintado combinado en un sistema

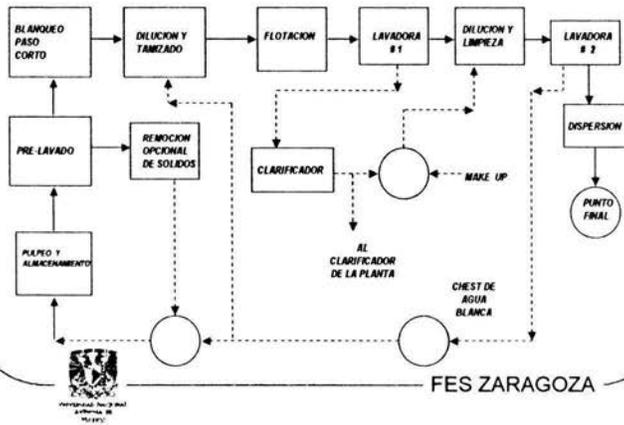
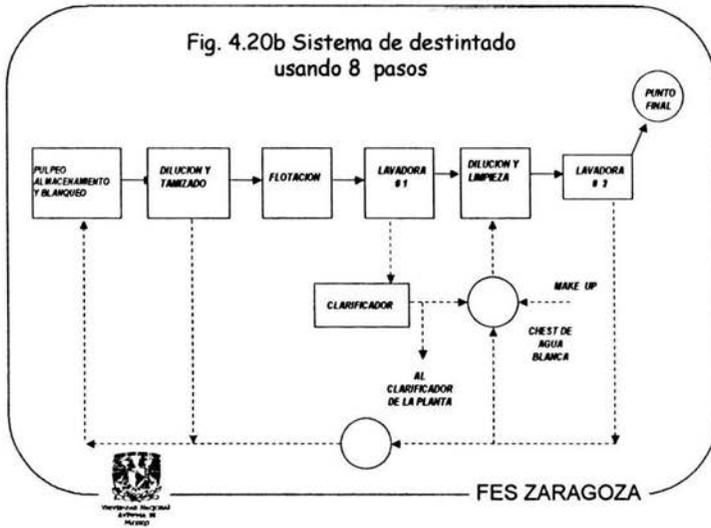


Fig. 4.20b Sistema de destintado usando 8 pasos



FES ZARAGOZA

## CAPITULO V. BLANQUEO

## V. BLANQUEO DE LA FIBRA SECUNDARIA

### 5.1. Blancura y brillantez

En la industria de la pulpa y papel se encuentran parámetros importantes para poder considerar el tipo de papel que se está fabricando. Estos pueden ser el freeness, el esfuerzo al rasgado, el color y la blancura. Para el proceso de blanqueo lo más importante es como su nombre lo dice la blancura.

La blancura (Brightness) como es conocida en la industria del papel, es la Reflectancia de la luz azul.

La blancura no es la Reflectancia de cualquier luz azul, mejor dicho es una luz de una distribución espectral muy específica como esta definido en el estándar TAPPI T452 y el estándar ISO # 2469. En ambos casos la función tiene una longitud de onda efectiva de 457 nanómetros y es distribuido a través del rango espectral de 400 a 500 nanómetros como se muestra en la figura 5.1

La figura 5.2 muestra los cambios que ocurren en la curva espectrofotométrica para la pulpa a través del ciclo de blanqueo. Uno puede ver los grandes cambios que ocurren en la región corta de longitud de onda (azul - verde), si solamente un cambio menor es observable en la región de larga longitud de onda (roja). Si una área en el espectro fuera cambiada de la medición tomada, ésta debe ser la mejor correlación en el cambio. Esta es una de las bases por la que el rango de 457 nm fue cambiada como la longitud de onda efectiva a la cual la "brillantez" debe ser medida.

Es importante notar que la blancura medida tome dentro de la consideración solamente la parte azul del espectro visible e ignora las porciones roja y amarilla. Un aparato medidor de blancura "ve" el papel de la misma manera que una persona ve el papel usando lentes para sol de color azul.

El papel coloreado o con tinta no puede ser completamente descrito usando solamente un número. Es muy concebible por lo tanto que una hoja con color medio rosa o con algo de tinta puede producir el mismo valor de blancura como una hoja blanca neutral. Mucha gente no entiende como dos hojas las cuales tienen diferencia visual, tengan el mismo valor de blancura, la razón comienza con la medición de la blancura es ignorado arriba de tercios del espectro visible. La única manera para acompletar y caracterizar absolutamente una hoja con coloración o tinta es por un aparato colorimétrico de tres números. Los medidores de blancura, por otra parte, tienen que buscarse para que sean extremadamente usuales en la industria de la pulpa y el papel porque un medidor de un solo número es mucho más fácil de entender que uno de tres números.

La blancura es un parámetro óptico definido arbitrariamente pero el sistema de calibración riguroso el cual ha sido colocado en la industria de la celulosa y el papel por muchos años. Como resultado, la blancura es el parámetro óptico más comúnmente usado en la industria y virtualmente cada compañía ha acumulado una substancial base de datos de la información de blancura.

## 5.2 La química del blanqueo

La química esta involucrada en muchos de los procesos claves en una planta de Destintado: en el pulpeo, en la flotación, en el lavado, en el control de deposición, y en la clarificación del agua. Los químicos usados para las plantas de papel periódico así como de papeles finos son discutidos aquí incluyendo las estrategias involucradas para el comportamiento con tinta flexo gráfica y la de fuser - toner (láser, xerox) así como de las secuencias cortas o del pulper de Destintado.

Muchos de los productos químicos usados para el Destintado son estándar, como por ejemplo: la sosa cáustica, el peróxido de hidrógeno y el talco. Por otro lado, algunos otros químicos son muy complejos, por ejemplo: los surfactantes y los polímeros de clarificación. Cada químico tiene una función específica y una buena regla para su uso es no adicionar nada a menos que este sea absolutamente necesario. La química juega un rol importante en el hinchado de la fibra, remoción de tinta, humectación, anti redeposición, oxidación y reducción de cromóforos, etc. Es importante recordar que algunos de los químicos tienen más de una acción en el proceso, y no todos son deseables. Por ejemplo la sosa cáustica hace a la fibra más flexible y ayuda a remover la tinta, pero en el papel periódico, puede causar un oscurecimiento alcalino o un amarillamiento indeseable durante el almacenamiento. Aquí, esto ayuda a observar como los químicos reaccionan con la porción de la resina de las partículas de tinta, y no sobre las partículas de pigmento negro o coloreado en sí mismo.

### 5.2.1. El Destintado en el pulper.

La función del pulper en una operación de Destintado es la de desfibrar el papel y separar las partículas de tinta de la fibra, manteniendo los materiales indeseables lo suficientemente grandes para poder removerlos por los limpiadores y las cribas. La unidad de flotación a menudo a sido referida como el "corazón" del sistema de Destintado, esto hace razonable pensar que el pulper sea como el "cerebro" del sistema. Si el pulper no trabaja adecuadamente, o si los químicos no están bien balanceados el batch no tendrá oportunidad para obtener un buen éxito de desfibrado. La razón de adicionar los químicos al pulper es para asistir en la remoción de materiales indeseables, por ejemplo la tinta y las gomas del papel para hacerlo accesible al proceso de flotación.

Los principales químicos involucrados en el pulper son: el hidróxido de sodio, el silicato de sodio, los agentes quelantes, el peróxido de hidrógeno, los surfactantes, los aglomerantes y los químicos colectores. De estos químicos no todos son utilizados en todos los pasos.

La tabla 5.2 da un rango de formulación típica para papel periódico Viejo (Old News Paper, ONP) conteniendo madera, libre de madera y pulpers de secuencia corta. Cada suministro requerirá de una optimización cuidadosa.

**TABLA 5.1. Principales Químicos del Destintado.**

Químico	Aplicación
Hidróxido de sodio	- pulper, Blanqueo
Silicato de sodio	- pulper, Blanqueo
Agente Quelante	- pulper, Blanqueo
Peróxido de hidrogeno	- pulper, Blanqueo
Surfactante	- pulper, flotación, lavado
Químicos colectores	- pulper, flotación
Químicos de aglomeración	- pulper, Limpiador
Cloruro de calcio	- Flotación
Dispersante	- Lavado, Preparación de stock
Hipoclorito de sodio	- Blanqueo
Hidrosulfito de sodio	- Blanqueo
Ácido Formamidino	- Blanqueo
Sulfinico	
Control de contaminantes	- pulper, almacén, prep. de stock
Polímeros de clarificación	- Clarificación.

**Tabla 5.2. Porcentajes típicos en el pulper**

Químico/ condiciones	Contenido de madera	Libre de madera	Secuencia corta
Quelante	0.15-0.4%	--	--
Silicato de sodio	1.0-3.0%	--	--
Hidróxido de sodio	0.8-1.5%	1.0-1.5%	--
H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.5-2.0%	--	--
Surfactante/cole ctor.	0.25-1.5%	0.25-1.5%	0.25-1.5%

Temperatura °C	45-55	50-60	30-50
pH	9.5-10.5	10-11	4.5-6.0
Consistencia %	5-15	5-15	3-10
Tiempo min.	4-60	4-60	4-60

Los porcentajes dados como 100% para el peróxido y sosa, el silicato de sodio como 41° Bé, DTPA como 40% activo, el surfactante y colector como aditivos.

### 5.2.2 Los Químicos en el Destintado.

#### a) Hidróxido de sodio

El hidróxido de sodio (NaOH), también referido como sosa cáustica, es usado para ajustar el pH en la región alcalina y para saponificar o hidrolizar (o ambos) las tintas resinas. El ambiente alcalino es reportado a menudo como un medio para hinchar la fibra. Este término es más descriptivo que la realidad. Un pH convencionalmente usado para el pulpeo está entre 9.5-11.0, las fibras tomarán algo de agua y serán más flexibles, hasta que se hincha la celulosa como un globo. El rango de adición del hidróxido de sodio es listado como un porcentaje sobre fibra seca. Esta convención puede causar confusión, ya que la cantidad de sosa que es adicionada al pulper es como la cantidad requerida para desarrollar un pH dado y no como una dosificación dada sobre la fibra. Otra confusión frecuente es la idea de colocar un radio entre la sosa cáustica, el silicato de sodio y el peróxido de hidrogeno. Las cantidades de cada químico a ser adicionados son dependientes al suministro del material, el agua, y la presencia de otros químicos. Cada químico deberá de ser optimizado por su suministro para obtener un máximo aprovechamiento.

La adición de sosa cáustica a una alimentación conteniendo madera causará a la pulpa un amarillamiento y oscurecimiento. Este fenómeno es referido a menudo como "oscurecimiento alcalino". El trabajo realizado por Loras, muestra los efectos del pH sobre la formación de cloroformos en la lignina y muestra como el color incrementa rápidamente de acuerdo a como incrementa el pH por arriba de 5.5. También se observa el impacto sobre la formación de color, o el oscurecimiento alcalino al adicionar solamente hidróxido de sodio a una mezcla de pulpa canadiense de 70:30 ONP/OMG.

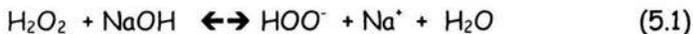
La cantidad de hidróxido de sodio que es adicionado a un pulper que contiene madera puede ser demasiado bajo o demasiado alto. Esto requiere de un cuidadoso balance que actúe para obtener una buena saponificación y una hidrólisis de las resinas, la flexibilidad de la fibra y la acción del peróxido de hidrógeno a la vez que minimice la formación de cromóforos y ligeras cantidades de material contrario. La figura 5.3

muestra los efectos de alcalinidad sobre la blancura después del pulpeo y de la celda de flotación. En este ejemplo una dosificación completa de sosa cáustica, peróxido de hidrogeno, Quelante y silicato de sodio fue empleada. La figura 5.3 muestra que la blancura del pulper incrementa ligeramente conforme el pH incrementa de 8.6 a 10.2. Arriba de un pH de 10.2, la blancura comienza a decrecer. El cambio en la blancura esta reflejado en la blancura obtenida después de la flotación. Los pH's indicados para la post - flotación, 8.5 y 5.5, son los pH's a los cuales las hojas para blancura fueron preparadas. La reducción del pH a 5.5 es para simular el choque ácido del Destintado por almacenamiento que puede experimentar antes de usarse sobre la maquina de papel. Se puede ver como el pH de almacenamiento de posflotación es reducido de 8.5 a 4.5, y una significativa ganancia en la blancura es observada. La razón de la ganancia de blancura no es muy clara, pero es atribuida a dos principales factores - la precipitación o aglomeración de tinta coloidal y de gomas al cambio del pH, y a una reducción en el número de cromóforos.

La figura 5.4 muestra el balance necesario para pulpers que contienen madera con el uso de hidróxido de sodio. El problema con el oscurecimiento alcalino es concerniente solo con las alimentaciones que contienen madera. Los altos pH's (11.0) pueden ser usados con alimentaciones libres de madera y no tendrán oscurecimiento alcalino.

#### b) Peróxido de Hidrógeno

El peróxido de Hidrógeno ( $H_2O_2$ ) es usado para decolorar los cromóforos generados por el pH alcalino en un pulper conteniendo madera. No es eficiente usar peróxido como un agente blanqueador en el pulper. La tinta y las cargas contrarias presentes en el pulper reducen la eficiencia de blanqueo del peróxido. El peróxido reacciona con la sosa cáustica como se muestra en la ecuación 5.1.



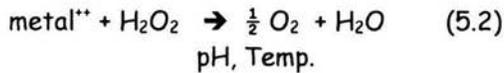
donde

pH = 10.0 - 11.5

Temperatura = 40-80°C.

El anión peridroxilo ( $HOO^-$ ) es el agente blanqueador activo. Para obtener el mejor uso del peróxido, es importante maximizar la cantidad del anión Perhidroxilo. Las opciones disponibles son: incrementar el pH incrementando el nivel de sosa, incrementar la temperatura, reducir el lado de las reacciones que compiten, e incrementar la cantidad de peróxido. Las reacciones que compiten son aquellas que pueden descomponer al peróxido tales como la presencia de metales pesados como el manganeso, cobre, y el

fierro y las enzimas tales como la catalasa y un alto pH y temperatura. Las reacciones de descomposición se muestran en la ecuación 5.2.



Estos productos y condiciones han sido identificadas como contribuyentes para descomponer al peróxido y contribuyen en la pérdida de la blancura en las pulpas vírgenes que contienen madera. Es razonable esperar un efecto similar con las pulpas recicladas. La descomposición del peróxido puede ser reducido por la adición de agentes estabilizantes tales como los quelantes y el silicato de sodio. Estos químicos no estabilizan al peróxido en si, pero estabilizan al medio ambiente con el cual el peróxido trabaja.

La figura 5.5 muestra la interrelación entre el peróxido y la sosa cáustica sobre la blancura que es obtenida de una mezcla de ONP/OMG (old newspaper/old magazine) en una alimentación del Destintado. Se puede ver en la figura 5.5 que la blancura optima mantiene un movimiento a la derecha conforme la dosificación del peróxido y la sosa incrementa, pero la dosificación optima no esta dado por un radio fijo entre la sosa y el peróxido.

El peróxido de hidrógeno es también usado como agente de pos blanqueo. El balance entre cuanto peróxido deberá ser adicionado en el pulper contra cuanto adicionar en el paso de blanqueo se puede optimizar para cada alimentación, se debe de recordar que el peróxido es adicionado al pulper simplemente para eliminar la formación de los cromóforos creados por el pH alcalino. Los puntos potenciales de adición para el peróxido de hidrógeno son mostrados en la figura 5.6

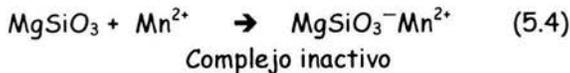
### c) Agentes Quelantes

El DTPA (Ácido dietilentriamin pentacético) es el Quelante más comúnmente usado, o también es usado el EDTA (Ácido etilen diamin tetracético). El rol del Quelante es para formar complejos solubles con los iones metales. Las estructuras para el DTPA y el EDTA son mostradas en la figura 5.7. Los complejos prevén que esos iones descompongan al peróxido de hidrógeno. Los cinco "ligandos" de la estructura del DTPA son los que contribuyen a la habilidad de quelar mas fuertemente que los cuatro ligandos de la estructura del EDTA. La cantidad de Quelante necesario es directamente dependiente de la cantidad de iones de metales pesados contenidos en el pulper. Los metales pueden ser proporcionados por el papel de desecho o del agua de la planta (fresca o agua blanca) El DTPA quela los metales en el siguiente orden de prioridad:  $\text{Ni}^{**} > \text{Cu}^{**} > \text{Co}^{**} > \text{Fe}^{2+} > \text{Mn}^{3+} > \text{Pb}^{2+} > \text{Fe}^{3+} > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+} > \text{Al}^{3+}$ .

Algunas plantas de Destintado han encontrado que su contenido de metales es lo suficientemente bajo como para emplear quelantes. La figura 5.8 muestra los posibles puntos de adición para un Quelante.

El suministro para una muestra de ONP del Este de Canadá requirió de un 0.2% de DTPA sobre la fibra seca. La fibra obtuvo una ganancia de un punto de blancura después del pulper, y de dos puntos de blancura para después de la flotación. En este ejemplo, se adicionó más de un 0.2% de DTPA y no incremento el valor de las blancuras, además se debe de mencionar que los quelantes como el DTPA y el EDTA han sido prohibidos en algunos países, por ejemplo, Suecia y Normandía, cuando las corrientes de los efluentes son descargados en los sistemas de aguas por los efectos destructivos sobre la vida acuática. En los Estados Unidos y Canadá aún se permite el libre uso de los quelantes.

El sulfato de Magnesio, comúnmente conocido como sal de Epson, también ha sido considerado como un efectivo agente Quelante para las pulpas vírgenes, pero es raramente usado en aplicaciones de Destintado. Se cree que trabajar con magnesio por calentamiento hace que la reacción de descomposición del peróxido sea aumentada por la desactivación de los iones metálicos. Se ha mostrado que el magnesio no trabajará en la presencia de fierro y cobre y catalizará la reacción del peróxido en presencia de manganeso. Un informe reciente reporta un efecto sinérgico entre las altas dosificaciones de sal de Epson y del DTPA, pero es efectivo en el recubrimiento del peróxido residual y es necesario para hacer su costo más efectivo. Se ha reportado que el trabajo del sulfato de magnesio en conjunción con el silicato de sodio es para inactivar los iones metálicos. La máxima estabilización efectiva requiere iones de magnesio o calcio en una concentración de 50 ppm, la cual es usualmente suplida por una operación normal de la planta. Se puede ver esto en las ecuaciones 5.3 y 5.4.

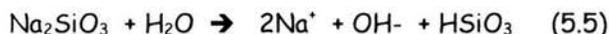


Sin embargo, como se describió anteriormente, el propósito de adicionar peróxido en el pulper no es el de blanquear sino el de balancear la formación y destrucción de cromóforos. Este principio hace que el uso del sulfato de magnesio no se pueda aplicar en el proceso del Destintado ya que esto no garantiza su uso.

## d) Silicato de sodio.

El silicato de sodio ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ), o agua de vidrio (una traducción literal del término germano para el silicato), es común usarlo en las plantas de Destintado como una solución de meta silicato de sodio a 41° Bé la cual contienen cantidades iguales de  $\text{SiO}_2$  y de  $\text{Na}_2\text{O}$ . Esto da un grado de alcalinidad correspondiente a aproximadamente el 11% de  $\text{NaOH}$ . Los componentes del silicato son actualmente una cadena de muchos complejos poliméricos de iones de silicato. Se cree que el silicato forma una estructura coloidal con los iones de metales pesados, pero para la acción superficial no ha sido determinada muy bien su función. Como se mencionó anteriormente, el silicato de sodio es referido a menudo como un estabilizante para el peróxido. Esto es el silicato de sodio es un misomero que estabiliza el medio ambiente con el cual el peróxido trabaja, pero no estabiliza al peróxido en si mismo. Ali y Ferguson han reportado que el silicato de sodio ayuda en el Destintado a través de la dispersión de la tinta o que previene la redeposición de la tinta sobre la superficie de la fibra. El efecto de la anti redeposición es lo que ha hecho popular al silicato de sodio en los jabones de lavandería. La suciedad o el aceite es emulsificado y previene que vuelvan a redepositarse los Stickies en el lavado. Ali y colaboradores continuaron con la observación de que en la presencia del peróxido, solamente la mitad del silicato de sodio es para desactivar a los iones metálicos.

La solución del silicato de sodio es como proveedor de alcalinidad, derivado de los grupos libres de hidroxilos, y es tan bueno como un agente buffer para el pH en rangos de operación entre pH 10 - 11. Esta proporción de alcalinidad se puede ver en la ecuación 5.5 la cual muestra la reacción del silicato con el agua:



El factor de que el silicato de sodio sea un proporcionador de alcalinidad en el proceso, y que afectara al pH, debe de tenerse en mente cuando se ajusten los químicos en el pulper. Incrementar la cantidad de silicato, incrementara el pH, y esto puede llegar a hacer una reducción en la adición del hidróxido de sodio.

La figura 5.9 muestra los efectos al incrementar los niveles del silicato sobre una mezcla de pulpa de 70:30 ONP/OMG, sin Quelante, y manteniendo el pH constante, ajustando el nivel de sosa cáustica para dar un pH en el pulper de 10.2. La blancura incrementa conforme la cantidad de silicato incrementa. Si la distancia entre la curva de blancura del pulper y de la blancura de post flotación es examinada, los efectos de dispersión del silicato pueden ser realmente obtenidos. La distancia entre las dos curvas será más grande tanto como el silicato ayude a dispersar la tinta. La más alta dosificación de silicato de sodio obtiene la más alta blancura en la post flotación. Una repetición del trabajo fue realizada con la adición de un 0.4% de DTPA en el pulper. Se puede ver que la

presencia del Quelante incrementa la blancura en el pulper y del mismo modo la blancura en la post flotación. También se pueden ver los efectos de dispersión del silicato.

La figura 5.10 muestra una gráfica de barras para los resultados de blancura cuando se incrementa el peróxido y se mantienen constantes al silicato y al DTPA, y al incrementar el DTPA y el silicato manteniendo constante al peróxido. La blancura del pulper fue ligeramente incrementada duplicando la dosificación del peróxido, y la blancura en la etapa de post flotación incremento en tres unidades. Este modesto incremento demuestra que el punto a atender para blanquear no es el pulper ya que no hay eficiencia del peróxido. Cuando el peróxido se mantuvo constante y el DTPA y el silicato fueron duplicados, la blancura del pulper después de la flotación no cambio.

Los silicatos que están bajo ataque han sido un aditivo indeseable para problemas tales como la suciedad del equipo, alambres, fieltros, revestimiento de la fibra, rugosidad en el papel, y dificulta el manejo de agua fría; y en temperaturas altas se rompe en silica causando pérdida sobre un tipo de refinador "de platos de dispersión". Varios aprovechamientos han sido sugeridos para remover la silica, la más común ha sido remplazarla por un estabilizante polimérico. Se tienen pocos datos de publicidad sobre la aplicación de estos reemplazos en una planta de Destintado.

#### e) Químicos aglomerantes

Los químicos aglomerantes son relativamente nuevos en el mercado y son usados para destintar papeles de tinta toner tales como impresoras láser y xerox, que se encuentran en el residual de oficinas. Una parte importante del entendimiento del Destintado de este tipo de papeles es el de entender como se aplica la tinta sobre el papel. Shrinath y colaboradores, y Quick y Hodgson, dan una excelente revisión de este proceso. Shrinath da la siguiente descripción del proceso. "Los procesos comunes xerográficos son un método de impresión indirecta. Una imagen latente es formada sobre una superficie de carga fotoconductiva y transferida al papel. La superficie cargada recibe la luz reflejada fuera del documento a ser copiado. La luz reflejada fuera de las áreas hace que la carga de la superficie se disipe, teniendo las áreas de la imagen oscura y reteniendo su carga. La superficie es la expuesta a las partículas del toner de carga opuesta, las cuales se adhieren a las áreas cargadas, formando una imagen visible. Finalmente, la imagen es transferida al papel. Las partículas del toner son la "tinta" en este caso. Las partículas consisten de pigmentos coloreados, tales como el carbón negro, en una carpeta de resina termo plástica. Generalmente, las partículas del toner son secas, algunas veces conteniendo un pequeño porcentaje de estearato de zinc como lubricante seco. Los toners líquidos son suspensiones de partículas de toner en un aislante líquido. Las resinas o aceites pueden ser adicionados como agentes de control de carga. En cualquiera de los casos, la tinta es fusionada a la superficie del papel por calentamiento".

Esta es la acción de fusionar la tinta de las copadoras o impresoras láser que se repulpean y resulta una estructura larga, y plana como un plato que también es larga para ser removida por lavado o flotación, y también pequeñas para ser removidas por los limpiadores y las cribas. El aprovechamiento que varias compañías químicas han tomado para modificar químicamente la superficie del toner así como para que la aglomeración pueda ocurrir es por medio de las partículas substancialmente más largas que son removidas por cribas de ranuras a presión y por limpiadores centrífugos de retroceso. Estos productos aglomerantes son usualmente adicionados directamente al pulper con la dilución de agua. La cantidad a ser adicionada varía de acuerdo a las especificaciones del proveedor.

La aglomeración usualmente requiere de temperaturas en el rango de 60-70 °C y un tiempo de mezclado de 45-60 min., para asegurar un buen contacto de partícula - partícula para que la aglomeración pueda ocurrir. En este trabajo, el mecanismo de acción es descrito como una cadena de surfactante la cual es usada para reducir las fuerzas repulsivas entre las partículas y bajo la transición de vidrio (temperatura a la cual la resina está fluyendo, y que a los 60°C las partículas del toner son suaves, pegajosas y están en barras juntas). Las partículas suaves van en forma esférica, como otro componente químico que actúa como colector para remover un grupo rápido de los aglomerados. Cuando la temperatura en el pulper es reducida a 50°C, los aglomerados de tinta son duros y rígidos.

Es algo controvertido en el campo de aplicación con respecto a un solo componente entre químicos de componente dual y el rol que la densidad juega como aglomerante es importante. Los limpiadores delanteros cuentan con las diferencias de densidad entre los contaminantes y las fibras de pulpa, así como el tamaño que puede ayudar a remover partículas no buscadas. Para todos los nuevos químicos, es prudente realizar varias pruebas de los productos comercialmente disponibles para ver cual es el que se adecua y cual es el mejor para proceso de Destintado.

#### f) Surfactantes.

Los surfactantes comprenden muchos tipos químicos y son usados dependiendo de sus requerimientos. El término surfactante es derivado de su función, el cual actúa como un agente activo para la superficie (*surface active agents*). Los surfactantes se usan en las corridas de la operación de Destintado, de tissue, news, y papeles finos con el ocasional blanqueo de pulpa kraft. El "surfactante" es un término que cubre los usos como son dispersantes, colectores, agentes humectantes, disectores, auxiliares de anti redeposición, etc.

Los surfactantes usados en el Destintado tienen dos componentes principales - uno es el componente hidrofílico y el otro es el hidrofóbico. Estos términos son derivados del Latín y describen la parte de la molécula a la que le gusta el agua (hidrofílico) y la parte a la que no le gusta el agua (hidrofóbico). Cuando un surfactante es introducido al pulper, o justo antes de la flotación, la terminal hidrofóbica se asociará con la tinta, aceite y suciedad mientras que la terminal hidrofílica permanecerá en el agua. La figura clásica que es dado a menudo para la acción del surfactante es la formación de "micelas", como se muestra en la figura 5.11. Es difícil saber si el ambiente muy diluido permitirá la formación de micelas o si algún otro mecanismo hace este tipo de trabajo.

La estructura de los surfactantes puede ser de cadena recta, ramificada, llevando grupos de cargas, cadenas largas o cortas, cadenas simples o dobles, etc. Un método para caracterizar los surfactantes y que ha sido usado en la industria de la pintura y que tiene una reciente aceptación en la industria del papel es el término denominado valor HLB o el radio de porcentajes de peso de los grupos hidrofílicos o hidrofóbicos en la estructura. Turai y Williams han hecho algo respecto al rol que el HLB tiene sobre la eficiencia del Destintado. En su trabajo, ellos encontraron una relación entre la blancura del Destintado de news y el valor del HLB como se muestra en la tabla 5.3.

Algunos de los surfactantes más comúnmente usados en el Destintado son los copolímeros Eo/Po (Óxido de etileno/Oxido de propileno). La terminal hidrofílica (que le gusta el agua) es el óxido de etileno y la parte hidrofóbica (odia el agua) es el óxido de propileno. El efecto de incrementar la etoxilación (por ejemplo, incrementa la solubilidad) se puede ver sobre el lavado de Destintado del newsprint. Se puede ver que el Destintado responde y está relacionado al número de unidades Eo en la cadena.

El Cloud point (punto de enturbamiento) es un término usado para describir a un surfactante dado y es un fenómeno relacionado con la temperatura. Cuando los surfactantes son adicionados para dar una solución diluida en agua ellos se dispersarán, a un cierto grado, dentro del agua. Por debajo del Cloud point las moléculas del surfactante estarán bien dispersas en el agua. Cuando la temperatura empieza a incrementar, las moléculas empiezan a ir más juntas, cerradas y a estar más asociadas. La aglomeración o asociación de varias moléculas de surfactantes pueden verse nublosos o lechosos en el agua. Esto indica que está terminado el Cloud point. El surfactante es más efectivo a la temperatura justo por debajo del Cloud point. El Cloud point será enlistado como una de las propiedades del surfactante y es comúnmente dado en términos de una solución al 1% o al 10% en agua. De esta forma, el cambio de un surfactante para un proceso dado se puede dar para que refleje la temperatura de operación.

La tabla 5.4 muestra que el cloud point del surfactante tiene un impacto directo sobre la aplicación. Para obtener el máximo rendimiento de un sistema con surfactante, la

formulación más frecuente es con una cadena de muchos componentes a menudo de 4 a 8 diferentes químicos. Ocasionalmente se menciona que las cadenas de surfactantes darán sinérgica en la ejecución y son más efectivos que un solo componente. Esto se puede probar en el proceso de Destintado individualmente.

### g) Dispersantes

Los dispersantes son químicos que su función es el de tomar las partículas de tinta y suciedad que han sido liberadas durante la operación del pulpeo y mantenerlas en suspensión hasta que éstas puedan ser removidas durante el lavado o el paso de espesamiento. El nombre de estos productos define su acción. Los dispersantes son primeramente encontrados en el lavado de plantas de Destintado. y para la nuevas "secuencias cortas" de procesos de Destintado.

**Lavado de destintado:** Los dispersantes más comúnmente usados en el lavado de destintado son los surfactantes tales como el nonil fenol etoxilado y los alcoholes etoxilados lineales. Los dispersantes para secuencias cortas de destintado son a menudo cadenas de Eo/Po copolímeros, glicoles y alcoholes de grasas alcoxilatos. Los dispersantes del Pinch, de otra manera, puede ser que ocurra de una manera natural o por subproductos como los lignosulfonatos y la alumbre; o polímeros aniónicos como sulfonato de naftaleno, y polímeros catiónicos como el aminometilato poliacrilamida.

El objetivo en el lavado del destintado, es para mantener las partículas lo suficientemente pequeñas para ser removida a través del "sidehill" y de la lavadora de la criba y lo suficiente hidrofílica para que se drene fácilmente. El Dispersante ideal, combina humectación, emulsificación, y características dispersantes. Como se ilustra en la figura 5.12, el lavado de destintado remueve partículas que tienen un tamaño aproximadamente inferior a 10  $\mu\text{m}$  - idealmente inferior a 5  $\mu\text{m}$ . El rango del tamaño ideal dependerá del tamaño de la malla de la remoción de la criba y del espesor de la "colchoneta" sobre las lavadoras, por ejemplo, las lavadoras y los deckers de tambor, si el tamaño de la malla es más grande que la lavadora de la criba se removerá, más tinta, pero la pérdida de fibra empieza a ser inaceptable. El lavado del destintado con dispersantes ayuda a mantener el tamaño de malla lo suficientemente pequeña para mantener la pérdida de fibra bajo control. La estructura para un surfactante en el lavado del destintado se muestra en la figura 5.13.

La secuencia corta de destintado (SCD): (en inglés SSD) o destintado en pulper es una forma relativamente nueva de destintado para el newsprint y para algunos residuales de oficina. La aplicación para este tipo de destintado ha sido usada por fabricantes de cajas y forros para cajas por bastante tiempo. Para el destintado del papel periódico, la idea es usar solamente el equipo existente y las condiciones necesarias. Por ejemplo, para un

proceso donde se puede usar un 100% de ONP dentro del repulper, el cual contiene agua blanca como agua de dilución, se adiciona solamente surfactante, hasta que la pulpa es desfibrada, y es enviada a un tanque de almacenamiento. El pH debe de estar entre 4.5 - 5.5 y la temperatura entre 40-50 °C. No se utilizan pasos de cribado o de limpieza, a menos que estos sean necesarios. El peligro en este tipo de sistemas es muy claro: este debe ser sensitivo a los Stickies y a otros materiales contrarios, ya que la tinta puede quedarse por arriba de la tela de la máquina, en la parte donde existe un rompimiento de los circuitos de agua fresca. Sin embargo este proceso ha sido usado comercialmente, usualmente para dar de un 5 a un 25% de contenido de pulpa reciclada dentro de hojas nuevas. Los demás pasos de limpieza, tamizado y lavado, o dilución se pueden incluir para mejorar el éxito del proceso. En una aplicación como ésta, el cambio del surfactante es crucial.

También es cierto que mucho de una cosa buena no es necesariamente lo mejor. Una muestra de blancura inicial tiene una caída de blancura cuando la dosificación de surfactante excede el rango de 0.75% a 1.0%. En este caso, es considerando como un exceso de surfactante y comienza a formar un surfactante de "doble capa", en donde los hidrófilos son asociados causando el complejo tinta - hidrófobo - hidrófilo - agua - hidrófilo - hidrófobo, para que sea redepositado sobre una fibra o formado dentro de grandes aglomerados de tinta y surfactante. De nuevo, esto ilustra el cuidado que debe de tomarse con la correcta dosificación del surfactante para que sea adicionado en cada una de las aplicaciones del destintado.

#### h) Colector Químico

El rol de la celda de flotación es el de remover la tinta que ha sido removida de la fibra durante el paso del pulper. Los colectores químicos son usados en la flotación y pueden ser adicionados en el pulper o antes de la celda de flotación. El punto de adición depende generalmente del uso del químico. Los colectores son hechos de materiales que pueden encontrarse naturalmente, tales como los jabones de ácidos grasos; los sintéticos como Eo/Po (Oxido de etileno/Copolímeros de oxido de propileno); y cadenas de ácidos grasos etoxilados. Los jabones de ácidos grasos son más comúnmente usados en Europa que en Norte América, y en varias empresas Canadienses.

Como el nombre lo indica, los colectores químicos son diseñados para llevarse junto con ellos las partículas de tinta que han sido removidas por la acción del pulpeo, y son removidas por las burbujas de aire. El tamaño de partícula ideal para el destintado por flotación esta en el rango de 10-100  $\mu\text{m}$ . Para que ocurra la remoción de la tinta las partículas de tinta deben de estar en contacto con el colector químico el cual, a su vez, deberá de estar en contacto con las burbujas de aire de modo que los aglomerados de tinta puedan ser removidos. Es aquí donde el fabricante de la celda de flotación cuida el

diseño de los inyectores y de la sección del mezclador para maximizar la turbulencia y la colisión de los tres componentes: tinta, colector y burbuja de aire. Es crucial que la burbuja tenga suficiente tensión superficial para llevar la tinta a través de la celda de flotación a la superficie. La formulación del colector químico ayuda a ajustar la tensión superficial de las burbujas de aire para poder desarrollar este fenómeno.

Los jabones de ácido graso son de un cierto tipo de surfactante, como se muestra en la figura 5.14. Estos son de enlaces primarios de entre 16 a 18 cadenas de átomos de carbono, tales como el ácido esteárico, oleico, palmirico y linoleico y son tan buenos como el ácido más saturado como el linoleico, y palmitico. Read, Marchildon<sup>9</sup> y colaboradores han encontrado que la ausencia de dobles enlaces en la cadena del carbón, por ejemplo, el ácido esteárico, ayuda en la remoción de la tinta de la fibra mientras que la presencia de dobles enlaces, por ejemplo, en el ácido linoleico, ayuda en la flotación. Esto ha establecido que una formulación con un alto porcentaje de ácido esteárico da los mejores resultados de destintado por flotación. Hay otras tres formas principales de liberar jabones de ácidos grasos para la planta de destintado: estas son las pastillas de jabones sólidos, jabón líquido, y el ácido graso mismo del cual se puede convertir a jabón en el mismo momento. La más reciente forma de usar el jabón es adicionando el ácido esteárico directamente al pulper junto con el papel reciclado, con una concentración en exceso de la sosa cáustica. Esta condición es mantenida durante el pulpeo, y el ácido será saponificado dentro del jabón de sodio. La alta alcalinidad provoca una reversión de color amarillo sobre las fibras de alto contenido de pulpa mecánica. Los fabricantes de jabón produjeron pastillas de jabón de sodio pre saponificado el cual puede ser licuado al llegar a la planta de destintado. Recientemente se manejan los jabones líquidos. Pocas plantas están interesadas en el manejo de jabón sólido en pallets, o en polvo ya que los riesgos de seguridad de las soluciones de jabón que se salpican en el piso, han dado la idea a algunos fabricantes de suplir el tipo de jabón en forma líquida. Además se reporta que los jabones líquidos dan una buena cantidad de espuma, y la longitud de la cadena de estos jabones es tan corta como para que sea efectiva en la remoción de la tinta, y que el costo de la transportación del agua puede no ser tan sensible a la economía de las plantas localizadas lejos de los fabricantes del jabón.

A pesar de que el jabón de sodio es introducido dentro del sistema de destintado, en líquido o en pallet, deberá ser convertido a jabón de calcio antes de que este funcione como colector. Para formar la sal de calcio del ácido graso, se debe de adicionar un proveedor de iones calcio al sistema. Los iones calcio pueden ser originados por la alimentación misma en forma de carbonato de calcio de las capas o rellenos, o del cloruro de calcio (u otro material de calcio) adicionado específicamente a la celda de flotación. La dureza del agua puede estar en 12 grados de dureza alemán (dH), la cual es aproximadamente 200 ppm de calcio. El jabón de sodio es soluble en agua, y el jabón de calcio no. En el ambiente diluido de las celdas de flotación los jabones de calcio forman

micro precipitaciones. Las micro precipitaciones de tinta y jabón asociadas con la burbuja de aire son llevadas a la parte de arriba de la celda de flotación donde son removidas.

*El rol del calcio.* Una de las razones más frecuentemente citada para no usar jabones de ácido graso es que los iones de calcio pueden ser adicionados. Lo concerniente no es solamente que otro tanque y sistemas de medición puedan ser adicionados, y que los iones de calcio sean creados para causar incrustación u otros depósitos sobre la máquina de papel con la tinta de la planta, pero los altos niveles de iones calcio contribuyen a la pérdida del stock.

Los recientes trabajos de Turvey<sup>9</sup> han mostrado que una mayor causa de pérdida de stock es la presencia de los iones calcio. El concluyó que los iones calcio son atacados por si mismos en la superficie de la fibra causando que la fibra sea hidrofóbica y de está manera flote. El mecanismo para ésto no es muy claro. Turvey describe las siguientes conclusiones: a) Las fibras químicas y mecánicas no impresas no flotan, cuando los iones de calcio están presentes los finos se comportan como las fibras, b) la impresión, o los componentes de esto causa que las fibras floten; las fibras flotan mucho más extensamente cuando los iones de calcio y magnesio están presentes, c) El carbón negro es el primer componente de la impresión que causa que la fibra flote; cuando ligamos hacia arriba en redes de impresión polimerizadas, ésto no tiene efecto, cuando es cubierto con aceite y ésto no tiene efecto, cuando es cubierto con especies oxigenadas o grupos capaces de interactuar con iones calcio, ésto causa que las fibras floten, d) Más químicos adicionados a un sistema de destintado, tales como agentes quelantes, aniones comunes, peróxido de hidrógeno, ciertos surfactantes, talco, etc juegan un insignificante rol en la causa de la flotación de la tinta.

Schwinger<sup>9</sup> también ha reportado que cerrando el circuito del agua en una planta de destintado puede causar que los niveles de ion calcio se incrementen y la pérdida del stock se incrementa, si el ion calcio es introducido deliberadamente o a través de componentes de cargas y rellenos. El incremento de la pérdida de stock como el incremento de la concentración de los iones de calcio a un nivel de 9% a 60° dH de dureza; cuando el jabón de sodio es adicionado, la pérdida de stock salta a un 16% a 60° dH, y a un 36% con un surfactante no iónico, pero decrece de nuevo a 10% cuando el nivel del surfactante no iónico es doblado. Las conclusiones de Schwinger son las siguientes: a) La presencia de resinas como los residuos de lignina causan flotación de las fibras; b) los iones de calcio son absorbidos sobre la superficie de la fibra; c) la absorción de calcio dirigió una reducción considerable en la carga negativa de la fibra, pero no a cambio de la carga, d) la reducción en la carga aumenta la flotación de la fibra si solamente unos cuantos grupos están presentes sobre la fibra; y e) la adición del jabón de sodio incrementa la pérdida de fibra por un porcentaje pequeño; sin embargo, la adición de un surfactante no iónico incrementa grandemente la pérdida de la fibra

**Surfactantes.** Aquellos usados en el destintado por flotación pueden ser cationicos (carga positiva), aniónicos (carga negativa), o no iónicos (sin carga). Los surfactantes usados con mayor frecuencia son los no iónicos, ya que ellos funcionan independientemente de la dureza del agua.

Los displectores son productos definidos por su mecanismo de acción, por ejemplo, éstos surfactantes son una combinación de dispersantes y colectores. Existe una contradicción en los términos ya que se puede confundir con lo primero que piensa el lector con lo primero que escucha de este tipo de productos. Estos compuestos fueron comparados con varios suplentes químicos como un medio para asistir a la nueva generación de plantas de destintado que tienen pasos de flotación y uno o más pasos de lavado y tamizado. Los displectores son líquidos sintéticos, y las formulaciones son a menudo cadenas de muchos componentes. La ganancia de blancura a través de la flotación es pérdida con los displectores de jabones de ácidos grasos convencionales o surfactantes, y la blancura ganada en el lavado es menor con los dispersantes; sin embargo, cuando los dos son combinados en la misma planta, la blancura ganada es igual a, o mejor que, un químico convencional. Los beneficios de usar estos productos en la ganancia de blancura y en los pasos de flotación / lavado, se reportan como un factor de sensibilidad a la dureza del agua, y no causan incrustación en el equipo, tienen un bajo remanente químico, y reducen la pérdida de la fibra.

Los displectores encontrarán adeptos a favor en la fabricación de papel tissue donde la carga de la tinta a ser removida es algo más bajo que para el ONP. En los papeles finos reciclados para fabricar tissue, la diferencia es que todos los componentes de la entrada de origen residual deberán de ser removidos excepto la fibra. Los displectores usados deben tener un buen efecto en la ayuda para remover el rango de materiales, de tintas de relleno. La primera introducción de sistemas nuevos de destintado observan algunos problemas con los remanentes en el agua de retorno, ya que interrumpe la eficiencia de las celdas. Esto a sido remediado por los fabricantes, y los displectores están ganando aceptación en el destintado de papeles finos y de papel periódico.

**Tintas y barnices** difíciles para los grados de destintado. Las tintas flexo gráficas en base - agua han ganado popularidad con los impresores por razones de seguridad y facilidad de prensado. El flexo es una laminado que amenaza en el campo del destintado por flotación. Las dos primeras razones por las que el flexo es tan difícil de manejar en una celda de flotación son: (a) el tamaño de partícula es pequeño después del repulpeo siendo de 0.2 - 1.0  $\mu\text{m}$  y (b) la tinta es una base - agua (hidrofílico) y se pueden quedar en el agua. Las tintas flexo también son pequeñas, y por su naturaleza hidrofílica ellas no pueden ser aglomeradas por químicos colectores tradicionales para ser removidos por

flotación. Las pocas tintas obtenidas alrededor de las redes de agua causan caídas significativas de presión estando por abajo del 6-10%.

El Flexo (y todas las tintas a partir de agua) pueden ser removidas por lavado del destintado. El sistema de lavado usa una gran cantidad de agua y coloca una gran carga de tinta resultante sobre el sistema de clarificación.

### 5.3 Blanqueo de pulpas destintadas

Los cambios en el medio ambiente concernientes en el mundo y principalmente en México han dictado los cambios en los procesos de blanqueo de hoy en día, en donde los procesos donde estaban basados en la aplicación de los compuestos clorados como es el Hipoclorito de sodio y el cloro gas para el reciclado de fibras de pasta mecánica ha incrementado el uso de otros productos para su blanqueo.

Como en el caso de las pulpas vírgenes, el blanqueo y la remoción de tinta en las fibras recicladas puede ser realizado con agentes reductivos u oxidativos con o sin capacidad de remover la lignina. El blanqueo de la fibra secundaria requiere que los agentes de blanqueo preserven la lignina, lo mismo que en las pulpas mecánicas vírgenes.

En México el cloro y el Hipoclorito de sodio fueron ampliamente usados para el blanqueo de fibras secundarias con pasta mecánica, pero hoy en día las nuevas instalaciones de las plantas están usando productos químicos como el peróxido de hidrógeno, el Hidrosulfito de sodio, el ácido sulfinico Formamidino (FAS\*), como agentes blanqueadores. Para la fibra secundaria de pasta mecánica el Hidrosulfito y el peróxido de hidrógeno son aún los agentes de blanqueo más usados para la fabricación de papel periódico.

Hoy en día, con el incremento de la cantidad de papel reciclable siendo recolectado por una variedad de fuentes de pos consumidor, las plantas tienen experiencia con una amplia variación en composición y uniformidad de las pacas recibidas. La selección del agente blanqueador apropiado y la locación y condición para sus aplicaciones en el proceso de reciclado es el paso más crítico para el éxito de las plantas de fibra reciclada. La selección del agente blanqueador apropiado depende del tipo y grado de variaciones en la recuperación del papel stock para ser reciclado, el sistema de destintado usado, y el uso final de la pulpa de destintado.

#### 5.3.1 Blanqueo de fibra reciclada con bajo contenido de lignina

Cuando una adecuada remoción de toda la tinta y contaminantes es completada y cuando la blancura de las fibras es de alta calidad siendo suficiente con la recuperación de la fibra durante el reciclado y no se requiera un proceso de blanqueo se estará obteniendo

\*FAS contratipo del TDO

una buena fibra para ser usada. Pero si las partículas de la tinta no fueron suficientemente removidas de las fibras, no hay una cantidad de "blanqueo" que pueda ser efectiva para los efectos de la absorción de la luz de las pequeñas partículas de tinta pegadas sobre la superficie de la fibra a un lado y en el lumen de la fibra.

Hoy en día, con más y más material de color comenzando en la colección del material para el reciclado, a menudo es necesario "decolorar" la fibra antes de hacer productos de calidad.

Los requerimientos de blanqueo para los grados de papel reciclado "libre de madera" dependen de una gran extensión de variables sobre la blancura y estos pueden ser sin blanquear después del destintado, la cantidad de fibra entintada, el nivel de pasta mecánica y contaminación de OCC, y el objetivo de blancura deseada.

### 5.3.2 Blanqueo con agentes basados en bajo o nada de cloro.

Conforme se ha ido incrementado la conciencia del impacto negativo de los productos químicos que contiene cloro en el medio ambiente y debido a un incremento en el uso de pulpas de alto rendimiento en el suministro de papeles finos, el blanqueo de fibras secundarias esta moviendo a la inclusión de productos químicos basados en oxígeno, tales como el oxígeno (O), peróxido de hidrógeno (P), y ozono (Z). En algunos casos, el Dióxido de cloro (D) es también usado para remplazar el Hipoclorito y el cloro para obtener altas blancuras en pulpas destintadas usadas para la producción de papeles de alta calidad.

En condiciones de operación para el blanqueo libre de cloro, se pueden usar los siguientes químicos listados en la tabla 5.5:

Tabla 5.5

Químicos	Temp. °F	pH	Consistencia %	Tiempo, min.	Dos. %
Peróxido (P)	140-220	10.0-11.5	8-32	2-120	0.5-3.0
Oxígeno (O)	150-200	10.0-11.5	10-16	30-60	0.5-1.0
Ozono (Z)	60-120	2.5-8.5	10-40	2-6	0.2-0.8
Hidrosulfito (Y)	140-180	5.5-10.0	3-10	30-60	0.2-1.2
FAS (F)	120-190	8.5-11.0	12-30	30-90	0.2-0.5

Para un bajo color, con alto grado de alimentación ledger y una blancura de 65 ISO, el único blanqueo usando peróxido de hidrógeno se llevo a blanquear por arriba de 80 grados ISO. Par la mezcla de papeles de oficina, con un blanqueo de un solo paso usando peróxido de hidrógeno, tiende a ganar blancuras de alrededor de 75 grados ISO, dependiendo de la eficiencia de la remoción de tinta y de los contenidos de pulpa mecánica y de ledger de color.

El oxígeno en conjunto con el peróxido es usado en un solo paso para el blanqueo como es demostrado en el proceso de la Air Products Oxipro™. Una blancura de 78 grados GE fue obtenida en un solo paso de blanqueo con oxígeno (OR) en un papel de oficina con una blancura inicial de 69.3 grados GE compuesta de 80% de papel blanco grado destintado, 10% de ledger color, y 6% de pulpa mecánica.

Una muestra de una planta que produce pulpa destintada libre de madera de 65 grados ISO fue blanqueada bajo condiciones ácidas en un solo paso tratada con ozono para obtener 74.5 grados ISO. En adición al blanqueo, el ozono puede destruir la blancura óptica en la pulpa.

### 5.3.3 Quitar el color

La meta de la industria de las tintas ha sido siempre el fabricar colorantes durables para resistir el deterioro y desvanecimiento del color. Para las tintas de papel, las más ampliamente usadas son las tintas catiónicas directas conteniendo el compuesto azo ( $R_1-N=N-R_2$ ) o el estilbena ( $R_1-CH=CH-R_2$ ) y son del tipo de cromóforos que son algunas veces hechos muy resistentes a los agentes oxidativos y reductivos.

Los químicos suaves de blanqueo basados en nada de cloro, tales como el peróxido de hidrógeno y el Hidrosulfito de sodio dan solamente un éxito limitado en la ganancia de blancura y en la reducción del color cuando es usado para el blanqueo de color o en el reciclado de ledger color bajo las condiciones de operación convencional.

En la producción de papeles finos de color, usualmente se usa una combinación de tintas para obtener el matiz, tono y brillo. En orden para desarrollar la blancura deseada y para mantenerse con el objetivo de los valores de  $a^*$  y  $b^*$  en la blancura sobre el papel reciclado de ledger color, hay una amplia variación en la categoría de tinta, composición y cantidad de cada una de las tintas aplicadas tendiendo a hacer del blanqueo y del proceso de quitar el color más laborioso que el proceso de blanqueo en la pulpa virgen.

### 5.3.4 El FAS\* para quitar el color

Para la mayoría de las tintas directas usadas para colorear la fibra libre de madera, la decoloración exitosa puede ser completada con el ácido formamidin sulfínico. (FAS)

El FAS es un agente reductor, y es ampliamente usado bajo condiciones alcalinas en la torre de post blanqueo para remover la tinta. También puede ser aplicado en el pulper para reemplazar al Hidrosulfito par al proceso de la decoloración, o dentro del dispersor

por la alta temperatura, en el blanqueo de alta consistencia para papeles de oficina con color.

La aplicación del FAS para quitar el color está gobernada por las mismas variables de procesos que se realizan con otros agentes de blanqueo.

1. Dosificación.
2. Temperatura.
3. Tiempo de residencia.
4. Consistencia.
5. pH.

La reacción del FAS es muy similar a todos los químicos usados en el blanqueo de la pulpa: El proceso con mayor temperatura requerirá de un tiempo de retención corto. Sobre el blanqueo de pulpa destintada con FAS, Kronis<sup>16</sup> investigó y reportó los efectos del tiempo y temperatura sobre el desarrollo de blancura en un rango de 40 a 90 °C con una retención de dos horas. Con bajas cargas de químicos, el impacto del proceso de temperatura sobre la aplicación de FAS es más pronunciado, especialmente cuando el tiempo de retención es fijo y algo limitado en la planta.

El FAS es adquirido en forma de polvo blanco el cual tiene una solubilidad muy limitada en el agua. Sin embargo, se disuelve rápidamente en soluciones alcalinas. Dependiendo de la conjunción con otras variables de proceso, como es el comenzar con un pH entre 9.5 y 10.5 que es usado frecuentemente para obtener un blanqueo eficiente. El origen de la alcalinidad es de la sosa cáustica la cual es adicionada durante la preparación de la solución del FAS, y es aplicada en el ratio de 1:2 (NaOH a FAS). En papeles que contienen cargas de carbonato de calcio incrementan un poco la carga de álcali que debe de ser tomada en cuenta.

La sosa cáustica que esta siendo usada en la aplicación con el FAS en la reacción de quitar el color, da una caída del pH de 2.5 unidades El pH final en el paso de decoloración con FAS es usualmente en el rango de 7 a 8.

El FAS resulta ser menos sensitivo a la oxidación del aire que el Hidrosulfito, ya que este es afectado por el aire cuando esta mezclado con aire cargado en estock por un período largo. Dependiendo del diseño del proceso y del equipo usado, la pérdida del poder reductivo en presencia del aire puede ser significativo, especialmente en un dispensor o en una torre de flujo bajo de alta consistencia, donde el arreglo de la entrada del aire puede ser excesivo. Los mejores resultados fueron obtenidos en el laboratorio con un blanqueo bajo condiciones libre de aire a través de una purga de nitrógeno.

Dependiendo de la naturaleza de las tintas directas presentes en el papel reciclado, e independientemente de la dosificación del FAS eventualmente será desarrollado el límite para remover la tinta. Una límite práctico para la decoloración del papel reciclado esta en una carga de 0.5% sobre la pulpa. Para blancuras más altas, el FAS es usado en conjunto con un oxidante tal como el peróxido, oxígeno, o el ozono en un proceso de multi pasos.

En resumen, las condiciones de operación para la decoloración de papel con FAS normalmente cae en el siguiente rango:

1. Dosificación: 0.2 a 1.0% por peso sobre pulpa seca (O. D.).
2. Temperatura: de 120 a 190 °F (49°C a 88°C).
3. Tiempo de retención: 0.5 a 1.5 Horas
4. Consistencia: 10 a 30% (Dispensor)
5. Alcalinidad o pH: 8.5 a 11

La reacción de sub productos en el FAS son la urea y el sulfato de sodio. La condición alcalina usada para el FAS produce algunas veces Tiosulfato no corrosivo en la planta de blanqueo.

#### 5.3.5. Hidrosulfito para la eliminación de tinta.

Hache estudió la eliminación de color del papel de oficina reciclable con Hidrosulfito de sodio y observó que "los resultados óptimos de la eliminación de color fueron obtenidos cuando se aplicó un 1.0% de Hidrosulfito sobre la pulpa a un rango inicial de pH de 6-8 y a una temperatura entre 60-65 °C."

En la práctica, el Hidrosulfito se usa bajo condiciones alcalinas para procesar el MOW (Mixed Office Waste). Bajo condiciones ácidas la evolución del CO<sub>2</sub> de los papeles alcalinos llenado con altos niveles de carbonatos (PCC o GCC) que pueden significar en la pérdida del rendimiento y puede causar problemas de espuma en las lavadoras.

El Hidrosulfito bajo condiciones alcalinas (pH 9-10) fue encontrado efectivo para quitar tinta, especialmente a altas temperaturas. Bajo condiciones similares para decolorar una mezcla de colores, el Hidrosulfito demostró virtualmente la misma capacidad de remover el color que el FAS.

El Hidrosulfito, Tratando una mezcla de papel autocopia de color, muestra el mismo nivel de remoción de tinta pero con una doble dosificación de FAS.

El punto central en la eficiencia del Hidrosulfito en su aplicación es en la exclusión del aire durante el mezclado de los químicos. Si el Hidrosulfito es usado en un Kneader o en

un dispersor a una consistencia del 10 a 30% puede ser tomado para minimizar la entrada de aire antes y durante la adición del Hidrosulfito para un stock de alta consistencia.

### 5.3.6. El efecto del lavado sobre el desarrollo de la blancura.

Una completa remoción de tinta de la fibra antes del blanqueo es esencial para lograr una alta blancura del papel de oficina reciclado.

Sobre un proceso de destintado comercial de CPO y ledger stock en un paso de blanqueo con peróxido de hidrógeno (2%  $H_2O_2$  sobre la pulpa) apuntando a una blancura de 77 grados ISO. Para desarrollar una blancura objetivo de 82 ISO, a través de un lavado del stock para remover la tinta residual y otras impurezas antes del blanqueo. La blanqueabilidad al 2% de  $H_2O_2$  cargado fue improvisado para ganar 7 puntos después de una serie de diluciones de lavado y de desplazar el lavado. Para la misma carga de peróxido se obtuvo una blancura de 84 ISO con un buen lavado del stock.

Improvisando una blanqueabilidad después del lavado donde fue observado por Kulikowski<sup>16</sup>. El lavado del OXYPRO™ OR tratada de papel de oficina recuperado mejoró el blanqueo subsecuente respondiendo al peróxido y al Hidrosulfito por un total de 5 puntos GE.

Cuando se tienen metales pesados, se puede usar o no un quelante para que los metales sean removidos efectivamente de la pulpa por el lavado y dilución, el silicato de sodio puede ser adicionado a la solución de blanqueo de peróxido para regular la eficiencia del blanqueo.

Usando el silicato de sodio (2% sobre la pulpa) durante el blanqueo de peróxido de una producción comercial de papel de oficina mezclado conteniendo altos niveles de pasta mecánica, la blancura final fue de 6 puntos más altos que una muestra donde no se uso silicato.

Es bien conocido por las plantas de destintado que los clarificadores DAF que tienen altos niveles de silicato de sodio en el filtro tienden a interferir con la química de clarificación del polímero, resultando en una baja calidad del agua gris e incrementando el costo de operación. Aún, sin la estabilización del silicato, la blancura no puede ser desarrollada sin un incremento en la carga de peróxido (por un 50% o más). De esta manera, la economía total debe ser optimizada sobre una base planta a planta. Alternativamente, el DTPA o el DTMPA pueden ser usados selectivamente para reemplazar el silicato de sodio parcial o totalmente en el licor de blanqueo.

### 5.3.7 Blanqueo de multi etapas para blancuras arriba de 85 grados ISO.

Cuando la fibra reciclada es usada para grados de impresión de alta calidad, un mínimo de 85 GE es requerido. Usando una secuencia de blanqueo libre de cloro como la secuencia ZPY sobre un stock ledger conteniendo un 30% papel coloreado, Van Lierop<sup>17</sup>, obtiene blancuras de 87.9 ISO con un 0.25% de ozono, 1.5% de peróxido y un 1% de Hidrosulfito.

El tratamiento OXYPRO™ OR, cuando es combinado con una secuencia de blanqueo convencional PY con un paso intermedio de lavado, fue disponible para decolorar e incrementar la blancura de un papel de oficina de color recuperado incrementando la blancura de 58.2 GE a 86 GE con una carga de 1% de peróxido en la etapa de P y con 1% de Hidrosulfito en el paso Y.

Sobre un stock de papel copia mezclado conteniendo 34% de fibra entintada, se usaron las secuencias P-Y y P-F para llegar a una blancura de 85 ISO usando una carga de peróxido del 2% sobre la pulpa y una carga de Hidrosulfito o FAS de un 1.2%.

Sin embargo, la mezcla de papeles de oficina contiene recortes de hojas con altos niveles de relleno o de tintas fluorescentes (Blanqueadores ópticos). La cantidad de blanqueador óptico o de relleno o del contenido de tinta fluorescente en el material de entrada y de su retención en el stock después de blanquearlo tendrá un doble impacto en la lectura de la blancura final en la hoja. Cuando el componente de la blancura final la fluorescencia es excluida (por bloques de energía UV de lo notable de la hoja bajo medición) el resultado de la blancura puede en algunas ocasiones caer del nivel de blancura esperada.

Para las hojas llenadas con un alto porcentaje de PCC, GCC, o arena, el rango de pH usado para el destintado, blanqueo, y remoción de la tinta impacta al contenido de cargas contenido en la pulpa y hasta la lectura de la blancura. En adición para papeles de oficina con alto contenido de cargas (10-30%), la lectura de la blancura es a menudo influenciado por la técnica adoptada para preparar la hoja blanqueada de la pulpa destintada. La retención del relleno, es esperada, que tenga un gran impacto sobre la blancura en el material no blanqueado que sobre la blancura de un material blanqueado.

La pulpa reciclada para fabricar tissue no tiene impacto el relleno o sobre la hoja blanqueada ya que las cargas son desechadas durante el lavado. Para los grados de escritura o impresión el contenido de cargas o de blanqueadores ópticos impactará la medición de la blancura del stock. Para pulpas de alta blancura producidas de papeles de oficina reciclada, se debe de poner atención a la contribución que causan las cargas y los blanqueadores ópticos para la lectura de blancura final para los propósitos de control de calidad.

En un blanqueo de laboratorio de un papel MOW para niveles de alta blancura (85% ISO), se pueden usar tres secuencias de blanqueo (Epo)ZP, (Epo)ZY, y (Epo)ZF que fue estudiada por Forsberg y Genco<sup>17</sup>. Basado en las lecturas de las hojas, obtuvo 85 grados ISO solamente por el blanqueo con la secuencia (Epo)ZP. Sin embargo, cuando las hojas blanqueadas fueron usadas para medir la blancura, todas las secuencias fueron capaces de desarrollar la blancura objetivo de 85 ISO.

Cuando la pulpa de la secuencia Epo fue lavada con agua de la llave y acidulada a un pH de 2 a 2.5 a una consistencia del 4%, más de las cargas de carbonato probablemente fueron disueltos y lavados después de que la pulpa fue subsecuentemente drenada para una consistencia del 30% para ser blanqueada con ozono.

Cuando el ozono es usado en una secuencia de multi etapas, el stock puede experimentar una serie de shocks en el pH, de un estado alcalino alto Epo a un alto estado ácido para la etapa Z y cuando llega a un tercer paso de una alcalinidad alta P o en un blanqueo con F. Esta amplia oscilación en el pH puede provocar que los Stickies sean sacados del sistema, lo cual puede ser evaluado cuidadosamente. Un pH neutro o alcalino esta siendo buscado con buenos resultados por los proveedores de ozono.

El impacto del ledger con color, la fibra mecánica y el OCC sobre el desarrollo de la blancura de varias mezclas de fibra fue demostrado por Sunds Defibrator Industries\* sobre cuatro diferentes stocks de papel de oficina mezclado. El blanqueo con peróxido de hidrógeno (PHT) bajo alta temperatura (100°C) y una consistencia media seguida por un estándar de 1% de Hidrosulfito o un tratamiento de FAS al 0.5%, Sunds confirma que la pasta mecánica tiene el más pronunciado impacto sobre el desarrollo de la blancura que el ledger color como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 5.6

<b>Destintado de MOW</b>	No.1	No.2	No.3	No. 4
Contenido de color ledger(%)	-	20	-	30-35
Contenido de fibra mecánica (%)	15	6	<10	8
Contenido de OCC (%)	1	<0.5	2	<0.5
Numero Kappa	10.4	5.3	-	6.7
Blancura DIP (%ISO)	67.8	67.3	64.0	55.6
DIP valor b*	5.0	8.4	9.7	12.1
<b>Blanqueo P<sub>HT</sub> (2% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, 100°C, 1Hr)</b>				
Blancura después de PHT (% ISO)	79.1	83.0	75.7	71.3
Valor b* después del PHT	2.8	2.8	6.4	6.9
<b>Segundo paso de blanqueo Y o F</b>				
	Y	F	Y	Y F
Blancura (% ISO)	82.3	84.5	82.4	80.6 80.9
Valor b*	2.9	3.5	4.2	5.4 5.3

\*Empresa dedicada a la fabricación de pulpa virgen

La secuencia de blanqueo convencional P-Y puede ser usada para la producción de pulpa recuperada de alta blancura si el contenido de OCC y de pasta mecánica es separado. En una planta piloto se genera pulpa destintada de 5.6 de Kappa de un stock de papel de oficina conteniendo 16% de ledger color, 0.5% de kraft café, y 3% de pasta mecánica, FMC demostró la realización de una blancura de 88.4 ISO con muy buen valor  $b^*$  después de una secuencia de P-Y. La prueba de reversión de calor bajo la blancura en dos puntos con un correspondiente incremento en el valor  $b^*$  de aproximadamente 0.8 unidades (a 1.7). De la blancura final de 86.4 ISO se envejeció la blancura por unos 2.5 puntos ISO donde es atribuido al efecto de blanqueo óptico de las tintas fluorescentes en la pulpa.

### 5.3.8 Blanqueo de fibra reciclada con alto contenido de lignina.

Cuando el contenido de fibra mecánica en la alimentación del reciclado el peso es más del 15%, no hay agentes deslignificantes como el Hidrosulfito de sodio y el peróxido de hidrógeno que sean usados para el blanqueo y la reducción de color.

Los materiales más ampliamente usados para el reciclado de fibras con alto contenido de lignina son los papeles periódico (old news paper, ONP) y las revistas (magazine, OMG). La blancura para el ONP y el OMG comienza a desarrollarse desde el pulper y en los pasos de destintado. La protección de la fibra del oscurecimiento alcalino es importante cuando se mantiene un pH por arriba de 9. Otro factor que contribuye al desarrollo de la blancura puede ser removiendo las partículas de tinta (carbón negro) de la masa de la fibra antes y después del blanqueo.

### 5.3.9 Blanqueo con Hidrosulfito de sodio.

El Hidrosulfito de sodio es el químico que se selecciona para el blanqueo de ONP Y OMG destintada y se obtiene una blancura de 58 ISO (de una blancura inicial de 50-52 ISO) para la producción de papel para periódico.

Cuando se usa el ONP para blanqueo el usar Hidrosulfito de sodio regularmente se tiene una ganancia de blancura de 4 a 6 puntos. Esto limita el blanqueo con Hidrosulfito ganando menos blancura que en una pulpa mecánica virgen, donde la ganancia máxima es de 10 a 12 puntos.

De ésta forma, cuando solamente se usa un paso de blanqueo con Hidrosulfito sobre ONP para la producción de papel periódico, es importante para producir consistentemente una stock destintado de 52-54 ISO a través de un proceso óptimo de remoción de tinta.

### 5.3.10 Aplicación del Peróxido de Hidrógeno

El peróxido de hidrógeno es comúnmente adicionado al pulper para prevenir el oscurecimiento alcalino de las fibras de alto contenido de lignina bajo condiciones de pH alto.

Para plantas donde usan solamente una etapa de Hidrosulfito para el post blanqueo, es importante para evitar cualquier pérdida de blancura durante el pulpeo y la flotación de la tinta. Adicionar peróxido al pulper es conveniente, lo principal es el bajo costo para completar el objetivo.

#### a) Aplicación de $H_2O_2$ en el pulper.

Para el ONP impreso con tintas basadas en aceite, el pulpeo a bajas consistencias, temperatura y pH moderado fue lo más común de usar en los Estados Unidos en la década de los 70's. y una baja o nula blancura hacía que no se necesitara el uso del peróxido.

Para una alimentación de papel reciclado de una mezcla conteniendo ONP y OMG, a un pH de 9 a 10.5 en el pulper a menudo se requiere un eficiente rompimiento de las cadenas de la tinta acrílica de las revistas. Bajo esas condiciones altas de pH sin el peróxido de hidrógeno, el amarillamiento de las fibras de pasta mecánica en el ONP y en el OMG aparecerán.

En pulpers continuos, el peróxido de hidrógeno es adicionado a la dilución del pulper (agua gris) en secuencia con otros químicos. La secuencia en la adición de los químicos puede ser como sigue: DTPA, Silicato de sodio, sosa cáustica, Peróxido de hidrógeno y surfactantes. Pueden ser adicionados directamente a la línea del agua con un espacio de tiempo adecuado en la adición de cada uno de los químicos además de contar con un mezclador estático antes de la alimentación al pulper.

Para los pulpers en batch, se miden en unos recipientes o por medio de un controlador de volumen y un cronómetro de secuencia donde son adicionados por medio de una tubería o canal y por líneas individuales para cada químico.

## b) Consistencia y pH en el pulpeo.

La más baja consistencia junto con el más alto nivel de pH en el pulper, requiere de una mayor demanda de peróxido. Para mantener una mayor blancura en la fibra. Cuando se pulpea a una consistencia media y a un rango de pH de 9 a 11.5 una carga mínima de peróxido de 0.5% es necesario para proteger a la pulpa mecánica del amarillamiento. En los Estados Unidos se utiliza en el rango de 0.5 a 1% de peróxido para evitar el amarillamiento.

En Japón, el peróxido no es adicionado en grandes cantidades en el pulper ya sea continuo o en batch, en su lugar es adicionado, junto con los surfactantes a una consistencia media o alta a la torre de blanqueo bajo una alta alcalinidad y temperatura para facilitar el rompimiento de las tenazas del vehículo de la tinta, al mismo tiempo, blanquea la fibra.

## c) Aplicación en la torre mojada

Para distribuirse con las cadenas poliméricas de la tinta usada en tinta baja de goma o sin goma se ha encontrado una amplia aceptación de las torres húmedas de alta consistencia en las plantas de destintado Japonesas. Sin embargo la pérdida de blancura en el pulper causada por el alto nivel de pH más tarde es recuperada en la torre húmeda con el blanqueo con peróxido. FMC confirmó la observación a través de un estudio de simulación en los Estados Unidos produciendo papel para periódico conteniendo un 40% de ONP reciclado.

El pulpeo de ONP a un pH de 11.5 sin peróxido de hidrogeno da como resultado una baja blancura (aproximadamente 7 puntos) que usando 0.5% de  $H_2O_2$  en el pulper (54 ISO vs. 47 ISO). Aún, cuando ambos pulpers fueron sujetos a un post blanqueo con un 1% de peróxido, la diferencia en la blancura final fue de 2 puntos. En otras palabras, debido a la eficiencia de la gran adición de químicos en la torre de post blanqueo, mucha de la pérdida de la blancura en el paso del pulper es recuperada con 10 lbs/ton menos de dosificación de peróxido (1.0% en la torre solamente en el lugar de una carga combinada de pulper-torre de 1.5% cuando es adicionado en el pulper y torre).

Adicionando todo el 1.5% del peróxido en la torre de pos blanqueo con nada en el pulper, la blancura al final del blanqueo fue de 4 puntos más altos que adicionando 0.5% y 1.0% en ambos puntos.

Para el desarrollo de una blancura máxima se deberán de tener las condiciones óptimas y ventajosas para que el peróxido de hidrógeno sea aplicado bajo condiciones que lleven a una alta eficiencia de blanqueo, esto es, una consistencia del 12 a 15%, una temperatura de 160 a 180 ° F (70 a 82 ° C), bajo contenido de metales a través de un tratamiento con

quelantes y un adecuado tiempo de retención de una a dos horas. Esas condiciones usualmente no son encontradas en el pulper.

Esto es porque las plantas Japonesas de destintado de ONP/OMG, refuerzan para un mejor destintado y blanqueo, adicionando peróxido a una alta consistencia en la torre húmeda seguida de un paso de limpieza por tamizado. En la torre húmeda el peróxido de hidrógeno es adicionado junto con la sosa, el silicato, DTPA y los surfactantes a un amasador para una mayor eficiencia.

Una variación para este arreglo fue propuesta por Galland y Vernac<sup>17</sup> en un proceso de pulpeo de dos pasos para manejar una mezcla convencional de tinta y de tinta flexo base agua. En el proceso propuesto el primer paso involucra un pulpeo neutral seguido por una flotación a pH neutro para primero remover la tinta flexo; y el segundo paso usando una torre húmeda con peróxido para repartirse con la tinta convencional.

#### d) Blanqueo con $H_2O_2$ en el post destintado.

Las plantas que comercializan con pulpas recicladas ONP/OMG requieren de una blancura estable durante el almacenamiento y la transportación. Para grados especiales u otros que requieren una blancura más alta de 65 ISO puede ser deseable. El Blanqueo pos destintado con peróxido, sólo en conjunto con el Hidrosulfito, es lo más común para poder lograr esto. El blanqueo con peróxido de hidrógeno se puede realizar a consistencias media o alta, a 60 - 70 °C, por 1 a 3 horas.

Una pulpa virgen para papel periódico con una blancura de 56.6 ISO fue pulpeada con 0.5% de  $H_2O_2$  a tres niveles de pH siendo de 9.2, 10.1 y 11.5 los cuales fueron seguidos por una simulación de torre de blanqueo con un 1% de peróxido. Al final a la blancura que se llegó es de 64 ISO en las tres pruebas de blanqueo. Estos 9 o 10 puntos ganados en la blanqueo con un 1% de  $H_2O_2$  es comparable al blanqueo de una pulpa virgen de TMP, indicando que el reciclado del papel periódico a través del destintado debe de responder de manera similar que en la pulpa virgen.

Sin embargo, cuando un blanqueo similar fue realizado en una planta comercial de destintado de ONP con una blancura inicial de 51.1 ISO, blanqueado a 12% de consistencia con un 1% de  $H_2O_2$  resultando una blancura de tan solo 54.8 ISO, una ganancia de 3.7 puntos. Cuando es blanqueada con Hidrosulfito de sodio a una consistencia del 4% tiene una ligera ganancia mejor de 4.8 puntos. El mejor resultado con Hidrosulfito no es el resultado del efecto del lavado a una consistencia baja (4%) pero si de la ausencia de la tinta que estaba "untada" durante el paso de la mezcla química a baja consistencia contra la consistencia media usada en el blanqueo con peróxido.

Sin una eficiente remoción de tinta a través de la flotación o del lavado aplicando una alta intensidad de dispersión para lograr el levantamiento de las partículas de tinta en el stock levantando la tinta finamente dispersa sobre la fibra, le queda un color gris que impacta en la blancura (con una pérdida de blancura de por lo menos 5 puntos) para lo cual no hay agente de blanqueo que lo pueda blanquear efectivamente.

La tinta "untada" sobre la pulpa, y a consistencias de blanqueo más altas pueden improvisar el uso de más peróxido en respuesta a la más alta concentración de químicos alrededor de la pulpa. A un 20% de consistencia, la blancura ganada sobre el destintado de ONP fue de 1.5 a 2.0 puntos más alto que el blanqueo a una consistencia del 12% usando la misma cantidad de peróxido.

Evidentemente, para una mejor eficiencia de blanqueo, a través de la remoción de las partículas de tinta residual (y finos) por el lavado de un destintado comercial de ONP (con una pérdida de rendimiento del 5%) incrementando la blancura no blanqueada por 6.6 puntos que improvisan su respuesta al blanqueo por tanto como 12.5 puntos con una adición por arriba del 1.5% de  $H_2O_2$  en el blanqueo.

El blanqueo con 2% de  $H_2O_2$  bajo una condición de dispersión en la planta de 28% de consistencia y una temperatura de 180°F, FMC a observado una blancura de 63 grados ISO después de una duración corta de solamente 2 minutos sobre un destintado comercial, del 59 ISO ONP/OMG con una composición del 80/20 %. Un segundo paso con Hidrosulfito incrementa la blancura a 65.5 ISO.

#### e) Blanqueo de página amarilla de directorio

El Hidrosulfito ha sido usado como un paso básico para la tinta amarilla del No. 78 y No. 96 generada de la producción de pagina amarillas del directorio. Aún cuando se aplica bajo condiciones de 6% de consistencia, 100°F (38°C) y un tiempo de retención de 30 minutos, un blanqueo reductivo con el Hidrosulfito o con el FAS para completar la eliminación del amarillamiento para restablecer la blancura del pre destintado.

En las plantas de reciclado modernas, donde se blanquea material amarillo se pueden blanquear exitosamente usando una cantidad más agresiva a condiciones de consistencia alta usando un 1% de peróxido en el pulper y seguido por un pre paso convencional de blanqueo con un 1% de Hidrosulfito.

En un estudio de laboratorio con un amarillo básico de 96, con cantidad significativa de color durante el pulpeo con una consistencia del 12% y una temperatura de 120°F, como esta indicado en la disminución del valor b. En un proceso de blanqueo donde se ocupa

ONP y un 25% de directorios de Teléfono viejo (OTD) se puede esperar una blancura tan buena como cuando se blanqueo ONP para la producción de papel de directorio y de periódico.

De esta manera un color básico amarillo del No. 78 de tinta bajo condiciones agresivas fue blanqueada para obtener una blancura del 68 ISO usando una combinación de proceso de blanqueo oxidativo-reductor.

#### f) Blanqueo de ONP/OMG para altas blancuras.

El peróxido de hidrógeno es ampliamente usado para blanquear fibra destintada de ONP/OMG para una alta y estable blancura como se requiere en el mercado de pulpa reciclada de ONP para una alta aplicación de papel de pasta mecánica.

Los procesos propuestos o investigados para la producción de una pulpa de alta blancura de ONP/OMG incluyendo el uso de fibra en fracción, multi pasos de blanqueo, y de post flotación, OXIPRO™OR, y un blanqueo de dispersión.

Ortner<sup>17</sup> obtuvo un 71.1 ISO de blancura en una alimentación germana de ONP/OMG en una mezcla 60/40 de radio adicionando un 0,55% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> a un pulper y otro 1% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> al tanque mezclado después de la dispersión, seguido de un segundo paso de destintado por flotación con un 1% de Hidrosulfito en el post blanqueo.

El uso del oxígeno para blanquear una alimentación de alto contenido de pasta mecánica fue investigado por Kulikowski<sup>17</sup>. En una mezcla comercial, de 50:50 ONP/OMG para una blancura de 68° GE obtenido de una secuencia usando OR-PY.

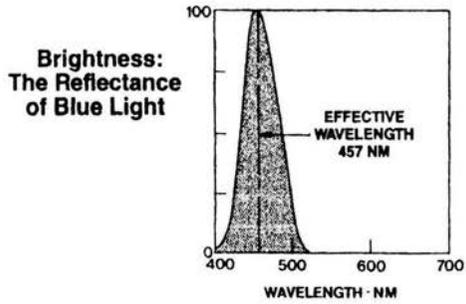
FMC demostró la producción de una pulpa de 70 ISO de una pulpa destintada comercial ONP/OMG a través de un blanqueo de dispersor de alta consistencia usando un 2% de peróxido (28% consistencia, y 180 °F) seguido por dos horas de retención a un 10% de consistencia y 160 °F como una etapa convencional de blanqueo con H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>, lavado, y seguido de un post blanqueo con un paso de Hidrosulfito. Sin el paso de lavado entre los pasos de peróxido y de Hidrosulfito, una significativa blancura baja (67 ISO) fue observada.

Gilkey<sup>17</sup> reportó una actualización de un 59 ISO ONP/OMG [80/20] a una alta blancura de 73 ISO través de una serie de pasos como es el destintado por flotación, retro limpieza, y una aplicación de peróxido durante la dispersión. La post flotación y el retro lavado solo no fue significativo para improvisar la blancura final. Con una alta consistencia (30%) de peróxido alcalino (2% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>) de dispersión la blancura de la pulpa

fue incrementada por 4 puntos. Así el blanqueo incrementa con un 0.5 % de FAS incrementando la blancura a un rango de 76 a 78 ISO.

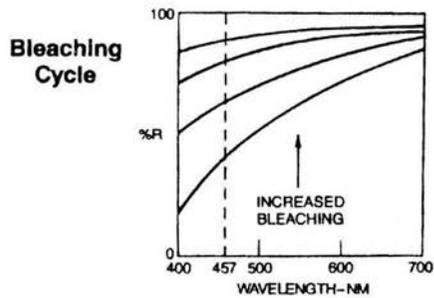
En Japón la blancura de 75 ISO usado para una especialidad de papeles de grado de pulpa mecánica ha sido comercialmente producida a través de una fraccionación del post blanqueo y de la fracción de la fibra larga en una secuencia de dos pasos P-F.

FIG. 5.1 la longitud de onda



FES ZARAGOZA

FIG. 5.2 Curva espectrofotométrica



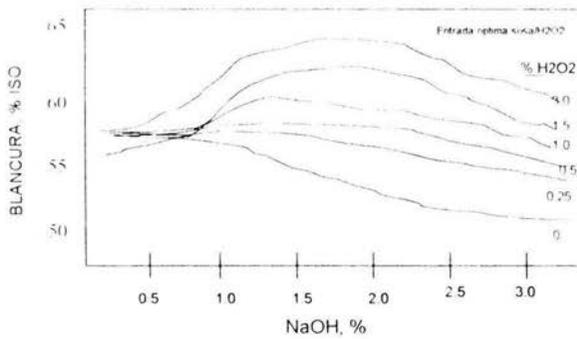
FES ZARAGOZA

FIG. 5.3 Balance de la carga de sosa cáustica



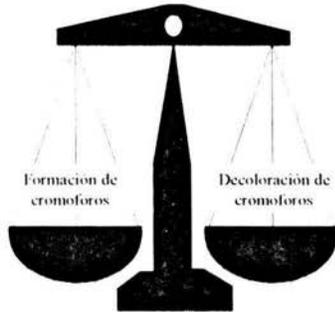
FES ZARAGOZA

FIG.5.4 Efecto de los niveles de sosa y peróxido



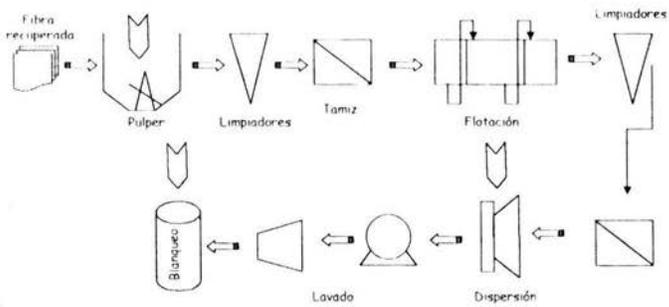
FES ZARAGOZA

FIG. 5.5 Balance de la carga de peróxido



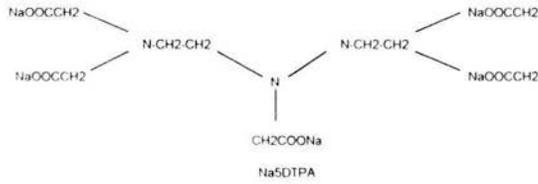
FES ZARAGOZA

FIG.5.6 Puntos potenciales de adición de peróxido

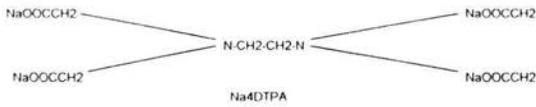


FES ZARAGOZA

FIG.5.7 Estructuras para el DTPA y EDTA



Sal Pentasódica del ácido Diétilen-Triamin-pentacético

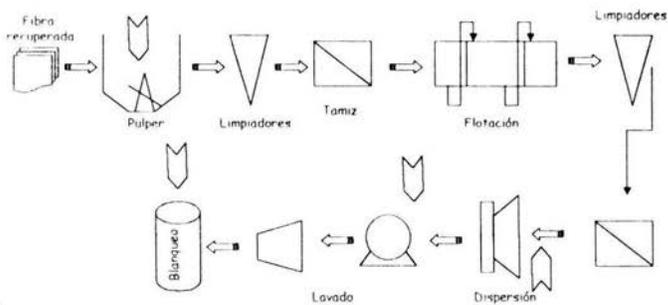


Sal Tetrasódica del ácido Etilen-Triamin-Tetraacético



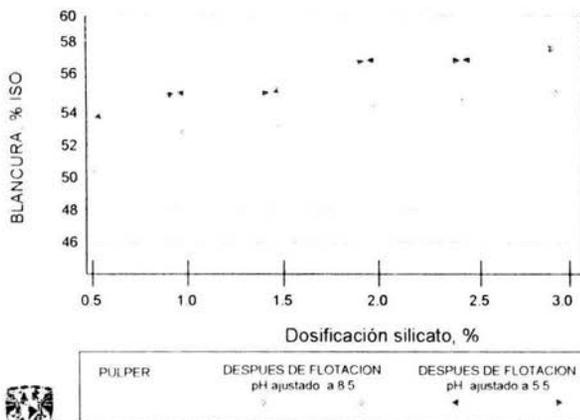
FES ZARAGOZA

FIG.5.8 Puntos de adición potencial para los quelantes



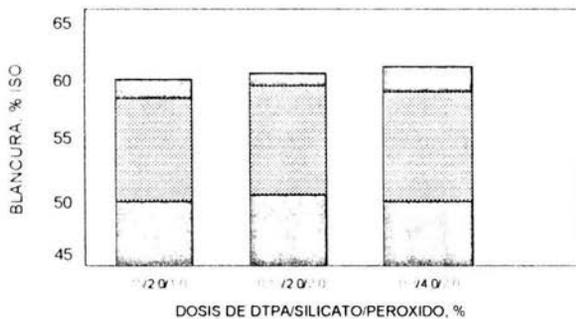
FES ZARAGOZA

FIG.5.9 Rol del silicato de sodio



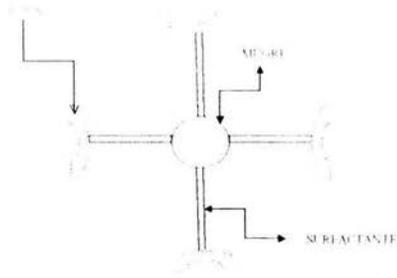
FES ZARAGOZA

FIG.5.10 Relación entre DTPA, silicato, y peróxido



FES ZARAGOZA

FIG. 5.11 Micela del surfactante



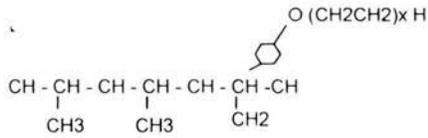
FES ZARAGOZA

FIG. 5.12 Tamaño de partícula vs eficiencia removida

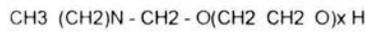


FES ZARAGOZA

FIG. 5.13 Químicos de destintado en el lavado.



Nonil Fenol Etoxilado

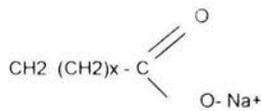


Alcohol Etoxilado



FES ZARAGOZA

FIG. 5.14 El jabón como un colector químico



Componente  
Acido graso

Grupo  
Funcional

—————●  
Substancia de superficie -activa (jabón)



FES ZARAGOZA

## CAPITULO VI. CONSIDERACION AMBIENTAL

## VI CONSIDERACIONES AMBIENTALES

En éstos tiempos, es muy importante y común hablar del medio ambiente ya sea de la manera como lo conservamos y cuidamos y de cómo lo estamos deteriorando o destruyendo. Siempre tratamos de mencionar la forma de cómo lo debemos de conservar pero nunca hacemos nada para evitar que se acaben estos recursos naturales. Para la industria de la celulosa y el papel y en particular para la industria del reciclado, se pueden hacer dos divisiones en lo que respecta a la conservación del medio ambiente, una puede ser de una manera indirecta, y una segunda forma es de manera directa.

### 6.1. Consideración directa

Una constante revisión de lo que se puede hacer para preservar nuestro ecosistema es el buscar otras alternativas en el uso de los recursos naturales renovables y no renovables. Para la industria de la Celulosa y Papel se puede ver como en los países desarrollados donde se tiene una buena planificación para el uso de sus productos naturales, pueden usar y regenerar éstos materiales.

En el caso específico de la Celulosa y papel, los países Nórdicos tienen planificado el uso de su material y así como ellos van fabricando fibra virgen, van reforestando sus bosques para seguir teniendo materia prima para evitar parar su planta por falta de material.

Además, actualmente los países europeos están manejando mucho el material reciclado, tan es así que todos sus materiales llevan indicado el símbolo de reciclado, y los tienen anotados en cajas de empaque, libros, folletos, cuadernos y en todo tipo de material donde se usa el material de reuso.

Esto beneficia enormemente al ecosistema ya que esto se refleja en mantener los bosques en permanente reforestación y se mantiene la vida natural.

### 6.2. Consideración indirecta.

Al referirse de las consideraciones ambientales dentro de una planta o de lo que es un proceso químico siempre se debe de mencionar o hacer referencia principalmente de los desechos sólidos, líquidos y gases. Para cada uno de estos puntos se debe checar de manera independiente para ver sus características y sus formas de cómo se trataran para que no se contamine el medio ambiente.

### 6.2.1. Desechos sólidos.

En todas las plantas de destintado se maneja material que, aunque, se supone que es material fibroso contienen una mayor cantidad de tinta, ya que es un proceso de destintado, como dice la palabra se tiene que eliminar en su mayor parte la tinta y dependiendo del tipo de material, es la cantidad de tinta que tendremos que quitar. Por ejemplo el papel periódico siempre tendrá mayor cantidad de tinta que un papel tipo archivo blanco, o también tenemos que existe material que contiene muy buena cantidad de pulpa virgen como los envases de jugo o de leche, pero este material cuenta con una película plástica que hay que eliminar.

Existen otros tipos de contaminantes en el proceso de destintado y estos pueden variar de tamaño y de características que se deben de tratar de diferentes maneras y se deberán de manejar de tal manera que no sean desechados al medio ambiente y puedan contaminarlo.

En el Hidrapulper se elimina una gran cantidad de material ferroso (grapas, clips, alambres y hasta clavos), y de material plástico, este material siempre por lo regular es enviado a un centro de tratamiento y recuperación, o es enviado al desecho municipal.

En los siguientes puntos del tratamiento de la fibra como es el tamiz, los limpiadores y la celda de flotación siempre reciben el material como son las cargas y principalmente la tinta con una gran cantidad de finos o fibra que por su longitud tan pequeña es llamada "finos".

Este material puede ser compactado y enviado a un horno para ser incinerados, algunas plantas lo utilizan como combustible para sus calderas. En otras ocasiones se emplea como relleno sanitario. Este material por su alto contenido de cargas y de finos se puede usar para fabricar ladrillos o en su caso laminas de cartón para hacer techos de una casa habitación.

### 6.2.2. Desechos líquidos.

Una planta de destintado como una planta de fabricación de Celulosa de madera, emplea siempre grandes cantidades de agua. El problema en un proceso de destintado es que donde están ubicadas las plantas siempre tienen problemas con el abasto del agua, y por otra parte las regulaciones gubernamentales están cerrando cada día más sus especificaciones para aceptar aguas de desecho en los ríos y en las redes municipales.

Por este motivo las plantas de destintado están invirtiendo en la instalación de plantas de tratamiento de efluentes, además de que con ésto recuperan el agua y la pueden utilizar de nuevo en su proceso.

El tratamiento de los efluentes puede llevarse a cabo al final del proceso o reuniendo su agua en cada uno de los pasos. Por ejemplo el pulper siempre necesitara una gran cantidad de agua para poder llevar a cabo el desfibrado del papel, y más aún para poder bombear la solución al tanque de almacenamiento. Para muchas plantas éste paso no es tan importante como para tratar el efluente y le adicionan el mismo tipo de agua que reciben al final del proceso. Pero en los pasos posteriores como un lavado si es necesario tener una tipo de agua fresca o limpia. El problema aquí es que hay que mantener un tipo de agua con un pH neutro para que no le afecte a la pulpa y el agua no debe de contener o lleva residuo de algún químico que le afecte a la pulpa y altere su blancura o limpieza.

Al final el agua siempre es recirculada con una cantidad pequeña de sólidos suspendidos o de DQO, pero el agua siempre se usará en el proceso.

Existen muchos sistemas de tratamientos de efluentes que van desde el uso de clarificadores, aeradores, tratamiento biológico aeróbico y anaerobio, y muchos tratamientos más.

### 6.2.3. Desechos en forma de gas

Las plantas de destintado no tienen desechos en forma de gas porque no generan tales durante su proceso, solamente en los pasos donde se utiliza algún químico que durante su descomposición en la reacción genere algún gas u olor (por ejemplo el Hidrosulfito de sodio) en general en este aspecto la industria de la fibra reciclada no tiene muchos contaminantes.

# CAPITULO VII. USOS Y APLICACIONES

## VII USOS DE LA FIBRA SECUNDARIA

Dependiendo de la disponibilidad y los costos, los grados más bajos de calidad/costo tienden a ser usados por menor demanda y usos requiriendo menos pasos de procesos antes de entrar a la máquina para fabricar el papel final, y solamente la fibra secundaria de alta calidad/costo es comprada para dar un valor agregado al producto final.

La siguiente lista muestra el tipo de material usado el producto final que se puede fabricar y los procesos que se aplican a cada uno de ellos.

Categoría fibra reciclada	Producto final	Proceso
Papeles mezclados	Productos de empaque Productos moldeados	Pulpeo Depuración (tamizado) Limpieza Manejo de desechos
Corrugados	Corrugado médium Linerboard Toallas kraft	Pulpeo Depuración Limpieza Dispersión de asfaltos Manejo de desechos
Papel Periódico (ONP) Revista (OMG)	Papel periódico Cartón plegadizo	Pulpeo Depuración Limpieza Destintado Blanqueo Manejo de desechos
Pulpa sustituta (post consumidor)	Papeles finos Papeles Tissue	Pulpeo Manejo de desechos
Alto grado destintado (post consumidor)	Papeles finos Tissue	Pulpeo Depurado Limpieza Destintado Blanqueo Manejo de desechos
Desecho de oficina (post Consumidor)	Tissue Papeles finos	Pulpeo Depurado Limpieza Destintado Blanqueo Manejo de desechos

Los usos que se le dan a la fibra secundaria son muchos y se pueden listar de la siguiente manera:

Producto	Producto	Producto
1.- Papel aéreo y copia	12.- Cartoncillo gris	23.- Papel envoltura blanco
2.- Base para siliconizar	13.- Cartoncillo para líquidos comestibles	24.- Envoltura kraft
3.- Base una vez	14.- Cartulina cubierta	25.- Envoltura parafinado
4.- Bolsas Kraft	15.- Cartulina sin recubrir	26.- Envoltura semi kraft
5.- Bolsas semi - kraft	16.- Corrugado semi kraft	27.- Higiénico
6.- Papel Bond	17.- Papel china	28.- Kraft impregnación
7.- Cartoncillo dúplex recubierto	18.- Para hacer conos y tubos	29.- Libro de texto
8.- Cartoncillo dúplex sin recubrir	19.- Papeles de edición	30.- Liner Kraft
9.- Pañuelos	20.- Papel cigarrillo	31.- Papel periódico
10.- Papel recubierto	21.- Sacos kraft	32.- Sacos semi kraft
11.- Servilletas	22.- Toallas semi kraft	33.- Papel tissue

Estos tipos de papel son fabricados por diferentes tipos de empresas que a continuación se mencionan:

Kimberly Clark de México, S.A. de C.V.  
 Grupo Industrial Durango  
 Procter & Gamble  
 Cartones Ponderosa  
 Cajas corrugadas de México  
 Empaques modernos de Guadalajara  
 Fábrica de papel San José  
 Fábrica de papel Coyoacan  
 Fabrica de papel Potosí  
 Sonoco de México, S.A. de C.V.  
 Madruño y Cía. S.A. de C.V.  
 Manufacturas Gargo, S.A. de C.V.  
 Manufactura de papel Bidasoa, S.A. de C.V.  
 Papelera Atlas, S.A. de C.V.  
 Papelera de Chihuahua, S.A. de C.V.

Smurfit Cartón y papel de México  
 Cía. Industrial Atenquique  
 Copal Mexicana  
 Cartonera rimo  
 Cía. Papelera Maldonado  
 Papelera de Tlaxcala  
 Papeles Lozar  
 Kraft, S.A. de C.V.  
 Servi papel.  
 Todo papel  
 Unipak, S.A. de C.V.  
 Papelera de Morelos, S.A. de C.V.  
 Papelera del Nevado, S.A. de C.V.  
 Papelera Heda,

Las empresas que se mencionan aquí son algunas cuantas porque existen más pero su participación en el mercado es muy pequeña o muy específica y por tal motivo no se encuentran muchas de las veces en los registros.

Actualmente la industria del destintado se realiza principalmente por las empresas más grandes como es Kimberly Clark que en años recientes compro también la marca Crisoba y se quedo con todas sus marcas registrada, tan solo para dar una idea a continuación se mencionan algunas de las marcas que maneja este Corporativo:

Kimberly Clark:

<u>Tipo de producto:</u>	<u>Marcas comerciales:</u>
Escritura e impresión	Lustrolito, Kromos, Lustroweb, Kimberfax, Kimberbond, Clásico, Clásico Crest, Clásico linen, Gráfico, Siling, Bond, Cultural y formas
Pañuelos faciales:	Kleenex, Delsey, Lys, Scribe, Dekorados, scott, scottis
Papeles higiénicos:	Regio, Vogue, Delsey, Pétalo, Flamingo, etc.
Servilletas:	Kleenex, Delsey, Lys, Regio, Pétalo, Scott
Pañales desechables	Klen-Bebé, Duende, Kimbies, Ajustaditos, Plus, etc.
Toallas Hogar	Kleenex
Toallas Sanitarias	Kotex, Futura, Fems, Novaera, Ella, Activa, etc.
Artículos escolares y de oficina	Scribe, Clase, Dual, Plus, Super, Office, Line, etc.

Procter & Gamble:

<u>Tipo de producto</u>	<u>Marcas comerciales</u>
Papel copia:	Loreto
Papel Bond:	Ancora, Centauro y Multicop
Formas continuas	Loreto Stock
Servilletas:	Lunch
Cartulinas sin recubrir	Ancora
Toallas de papel:	Sanitas
Papel Higiénico:	Pampy, Lypps, Nevado, Trébol y lido.
Pañuelos faciales:	Lypps

Grupo Industrial Durango:

<u>Tipo de producto:</u>	<u>Marcas comerciales:</u>
Papel periódico de 49 gr.	Mexprensa
Papel educación de 60 y 105 gr.	Educación
Papeles para cajas, sacos y envolturas	
Cartoncillo dúplex	

Estos son unos de los ejemplos de empresas que usan fibra secundaria y de las marcas que tienen registradas. Existen muchas otras empresas donde se utiliza fibra secundaria para hacer cajas de cartón o de empaques como la empresa Adolfo Anaya, S, A. de C.V., así como esta empresa existen muchas otras y es muy importante ver como se puede diversificar el uso de la fibra secundaria, pero siempre esta influenciado su uso y calidad con la calidad y los precios del mercado.

# CAPITULO VIII. PRUEBAS EN LABORATORIO

## VIII INTRODUCCIÓN

Se realizarán pruebas de blanqueo para tres diferentes empresas que utilizan fibra secundaria como materia prima. Para cada una de las empresas (pruebas) se utilizarán diferentes tipos de fibra secundaria, así como también se utilizarán diferentes etapas en el proceso de destintado.

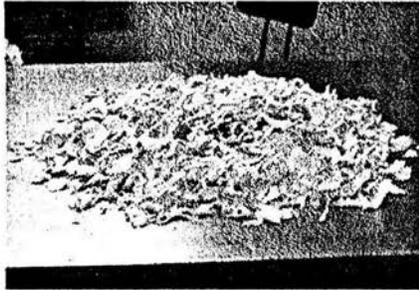


Fig. 8.1. una muestra de la fibra secundaria utilizada.

### 1.- Cartones Ponderosa (San Juan del Río, Qro.)

#### Tipo de material:

- a. Archivo Blanco (revoltura)
- b. Directorio Blanco
- c. Directorio amarillo
- d. Papel periódico

Esta muestra contiene pasta mecánica y sus pasos de Destintado constan de: Un Hidrapulper (desfibrado) Celda de flotación (destintado), y torre de blanqueo (con peróxido de hidrógeno, Hidrosulfito de sodio y FAS/TDO).

### 2. Kimberly Clark de México, S.A. de C.V. (San Juan del Río, Qro.)

#### Tipo de material:

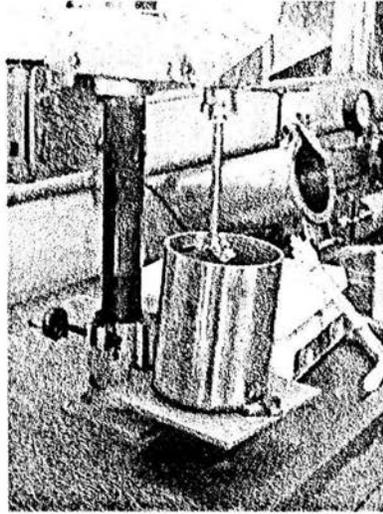
Mixed Office Waste (Archivo Blanco)  
No contiene pasta mecánica

Esta muestra solo requiere de los siguientes pasos de destintado: Celda de flotación, Torre de blanqueo.



Figura 8.2. Hidrapulper de laboratorio.

Figura 8.3.  
Hidrapulper de  
laboratorio (EQM)



3.- Mexicana de Papel periódico, S.A. de C.V. (Tres Valles, Ver.):

- Tipo de material:
- a. Archivo Blanco
  - b. Magazine
  - c. Ledger color
  - d. Ledger Bco.
  - e. Otros



8.4. Hidrapulper trabajando con la mezcla de fibra secundaria

### 8.1 Pruebas de Cartones Ponderosa

#### Desarrollo de las pruebas

Las pruebas se desarrollarán de acuerdo a las siguientes mezclas:

##### **Mezcla A**

Revoltura Bco.	80%
Papel periódico	20%

##### **Mezcla B**

Revoltura Bco.	80%
Directorio Bco.	10%
Directorio amarillo	10%

Para las pruebas de destintado se tomó la muestra del papel periódico, directorio color y directorio blanco de forma independiente, realizándose el desfibrado y el destintado antes de mezclarlo con la revoltura blanco. Se realizó el paso de Celda de flotación a las muestras después de desfibrarse usando agua del proceso para observar como afecta esta variable en las blancuras. Como el proceso se trato de semejar a lo que se realiza en la planta, también se adicionaron en proporción los químicos que se adicionan en el pulper.

#### 8.1.1. Prueba de blanqueo

El proceso de blanqueo se realizó en dos etapas, en la primera se utilizó peróxido de hidrógeno (blanqueo oxidativo) y en la segunda etapa se utilizarón dos químicos reductores (Hidrosulfito de sodio y TDO) dividiendo la muestra de la primera etapa en dos muestras para hacer el blanqueo reductivo en etapas separadas para ver las diferencias de blancura que puede tener un blanqueo usando uno y otro químico. Los porcentajes y condiciones de blanqueo para cada una de las etapas se muestran en las siguientes tablas (8.1, 8.2 y 8.3).

Tabla No. 8.1 Dosificación de Peróxido (1° Etapa)

No. de Prueba	1	2	3
% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> adicionado	0.6	0.8	1.0
% Sosa aplicado	0.8	0.8	0.8
% Consistencia	← 12 →		
Temperatura °C	← 50 →		
Tiempo de ret. Min.	← 30 →		

Tabla No. 8.2 Dosificación de TDO (2° Etapa)

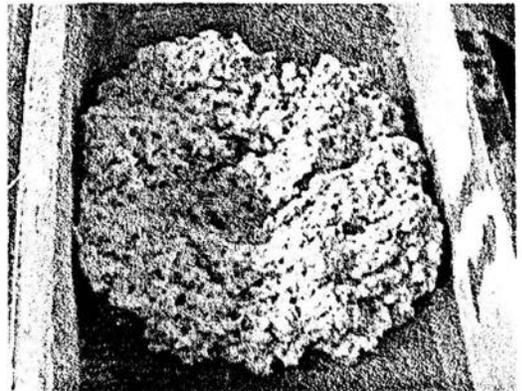
No. de Prueba	1	2	3
% TDO adicionado	0.4	0.4	0.4
% Sosa aplicado	0.2	0.2	0.2
% Consistencia	← 12 →		
Temperatura °C	← 50 →		
Tiempo de ret. Min.	← 20 →		

Tabla No. 8.3 Dosificación de Hidrosulfito de sodio (2° Etapa)

No. de Prueba	1	2	3
% Hidrosulfito ad.	0.4	0.4	0.4
% Consistencia	← 12 →		
Temperatura °C	← 50 →		
Tiempo de ret. Min.	← 20 →		

Las pruebas de blanqueo se realizarán en un baño María con un control de la temperatura (simulando una torre de blanqueo)

8.5. Simulador de lavadora, espesador.



## 8.1.2. Los resultados

Los resultados (blancuras) de las pruebas se muestran en las siguientes tablas

*Tabla No. 8.4 Blancuras para c/u de las muestras antes del proceso de blanqueo*

	Papel periódico	Dir Bco/amarillo	Rev. Bco.
Pulper	42.6	36.1	
Celda de Flotación	45.9	38.8	
Final			62.7
Mezcla c/ Rev. Bco.	58.1	55.7	-

Después de pasar por la Celda de flotación las muestras de papel periódico y de directorio blanco y amarillo se mezclaron con la muestra de revoltura blanco. Para la primera etapa de blanqueo se obtuvieron los siguientes resultados

*Tabla No. 8.5 Primera etapa de blanqueo con Peróxido*

No. de Prueba	Mezcla A			Mezcla B		
	1	2	3	1	2	3
Blancura	57.9	61.0	59.3	56.6	51.1	54.8
Ganancia de blancura*	-	1.9	1.2	0.9	-	-

*Tabla No. 8.6 Mezcla A (2ª. Etapa de blanqueo reductivo)*

No. de Prueba	Dióxido de Tiourea			Hidrosulfito de Na.		
	1	2	3	1	2	3
Blancura	65.7	66.5	65.8	62.0	60.4	61.6
Ganancia de blancura*	7.8	6.5	6.5	4.1	-	1.3

*Tabla No. 8.7 Mezcla B (2ª. Etapa de blanqueo reductivo)*

No. de Prueba	Dióxido de Tiourea			Hidrosulfito de Na.		
	1	2	3	1	2	3
Blancura	62.4	61.6	59.3	57.9	55.1	55.1
Ganancia de blancura*	5.8	10.5	4.5	1.3	4.0	0.3

Después de conocer los resultados de las pruebas anteriores se hicieron otras pruebas con diferentes mezclas de papel para terminar este primer estudio. (Tabla No. 8.8)

Tabla No. 8.8 Porcentajes de las mezclas para la 2ª. Prueba de blanqueo

	M1	M2	M3	M4
% Revoltura Blanco	70	70	70	60
% Directorio Amarillo	10	15	0	0
% Directorio Blanco	20	15	0	0
% Periódico	0	0	30	40

Los resultados de la prueba son los siguientes

Tabla No. 8.9

	M1	M2	M3	M4
Blancura mezcla	-	50.9	56.2	55
1ª. Etapa c/H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> (0.8%)	-	52.6	58.9	56
2ª. Etapa c/TDO (0.4%)	-	56.2	64.5	61.0
Ganancia de blancura total	-	5.3	8.3	6.0

### 8.1.3. Discusión de los resultados:

En la tabla No. 8.5 de la primera etapa de blanqueo se observa como para la prueba No. 2 de la mezcla A se ganan aproximadamente 2 puntos de blancura y en la mezcla B apenas si gana un punto de blancura adicionando un 0.6% de H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>.

Para la mezcla A en la segunda etapa (tabla No. 8.6) se observa como la ganancia de blancura para las tres pruebas es de 6 a 7 puntos de blancura. En las pruebas donde se adicionó Hidrosulfito de sodio la ganancia de blancura es baja.

En la mezcla B para la segunda etapa de blanqueo usando TDO (tabla No 8.7) se llegan a ganar 10 puntos de blancura (prueba No. 2) y la menor es de 4.5 puntos. Usando Hidrosulfito de sodio la mayor ganancia de blancura es de 4 puntos

En estos datos vemos que los mejores resultados se obtienen a partir de las dosificaciones de un 0.8% de peróxido de hidrógeno y un 0.4% de TDO, para el Hidrosulfito de sodio aunque los resultados son bajos se pueden considerar como buenos (ganancia de blancura de 4 puntos).

A partir de los resultados obtenidos en las primeras pruebas se tomarán las dosificaciones que dieron buenos resultados (0.8% peróxido y 0.4% TDO) y se ocuparon para las siguientes mezclas propuestas (tabla No. 8.8). En estas pruebas la mezcla 3 (70%/30% Rev. Bco. /P.P) obtiene una blancura de 64.5 puntos. Cuando se aumenta la cantidad de papel periódico (muestra 4) la blancura cae a 61 puntos (aún siguen siendo buenos) y están cerca de la blancura objetivo (62.7 puntos), obtenida de la muestra de revoltura Blanco al 100%.

Para las pruebas donde se aumento la cantidad de directorio color y blanco (M2) la blancura llego en 56.2 puntos. Este resultado es bajo y no alcanza la blancura objetivo. Las conclusiones de estas pruebas se verán en el capitulo de las conclusiones, por lo pronto se seguirá con las otras pruebas.

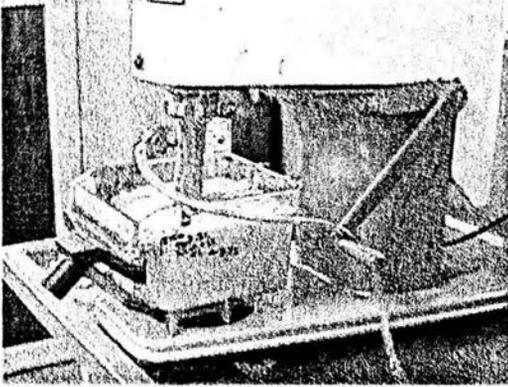
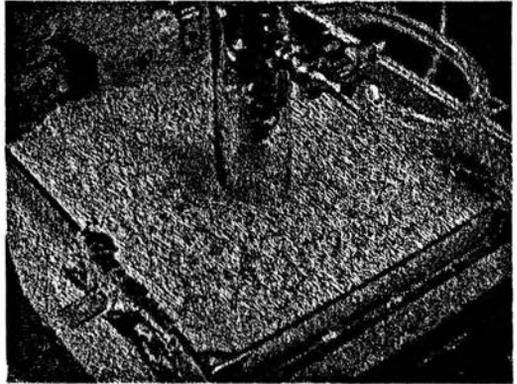


Figura 8.6. Celda de flotación para laboratorio

Figura 8.7. Celda de flotación trabajando



## 8.2 Pruebas de Kimberly Clark de México, S.A de C.V.

### Desarrollo de las pruebas

Se tomó una muestra de la prensa tornillo de la empresa Kimberly Clark de México, S. A de C.V. A esta muestra se le checó la consistencia y la blancura. Se tomarón 20 gramos secos para cada una de las pruebas. Se simuló una torre de blanqueo, se manejo una consistencia de 15% y un tiempo de retención de 25 min. Con una temperatura de 80 °C. Se agregaron tres diferentes dosificaciones de peróxido de hidrógeno de 0.6, 0.8 y 1.0%. También se realizarón pruebas de blanqueo después de una celda de flotación con

surfactante y sin surfactante. Otras pruebas más con FAS, para ver la diferencia de la blancura obtenida.

**Tabla No. 8.10 aplicación de peróxido de hidrógeno**

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8
% H <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.6	0.8	1.0	0.6	0.8	1.0	0.6	0.8
%NaOH	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8	0.8
Blancura inicial	67.6	67.6	67.6	69	69	69	70.4	70.4
Blancura final	68.5	71.1	71.0	71.0	72.7	72.7	74.7	76.1
Ganancia de blancura	0.9	3.5	3.4	2.0	3.7	3.7	4.3	5.7

Condiciones de blanqueo:

Temperatura: 80°C

Tiempo de retención: 20 min.

% consistencia: 15%

En las primeras tres pruebas se usan las muestras tal y como se muestrearán, para las siguientes tres muestras se blanquearon después de la celda de flotación sin usar surfactante y para las siguientes dos pruebas se uso un surfactante. Las pruebas con TDO se muestran en la tabla No. 8.11

**Tabla No. 8.11 a) Blanqueo antes de la celda de flotación**

	1	2	3
TDO (FAS)	0.2	0.4	0.6
Sosa	0.1	0.2	0.3
Blancura inicial	67.6	67.6	67.6
Blancura final	71.3	72.5	73
ganancia	3.7	4.9	5.4

**Tabla No. 8.11 b) Después de la celda de flotación**

	1	2	3
TDO (FAS)	0.2	0.4	0.6
Sosa	0.1	0.2	0.3
Blancura inicial	69	69	69
Blancura final	70.1	73.8	75.8
ganancia	1.1	4.8	6.8

*Tabla No. 8.11 c) Después de la celda de flotación con surfactante*

		1	2	3
TDO (FAS)		0.2	0.4	0.6
Sosa		0.1	0.2	0.3
Blancura inicial		70.4	70.4	70.4
Blancura final		72.6	73.2	75.8
ganancia		2.2	2.8	5.4

### *Resultados*

Como se puede ver en las tablas, para la adición del peróxido de hidrógeno las blancuras mejoran después de usar una celda de flotación. Aunque sin usar la celda de flotación se llegan a obtener buenas blancuras (pruebas 1-3 de la tabla No. 8.10). La mejor blancura es de 3.4 puntos de blancura y para las pruebas donde se usa celda de flotación se llegan a ganar hasta 5.7 puntos. En las pruebas donde se emplea el FAS, tiene el mismo comportamiento y se observa como tiene una mejor ganancia después de la celda de flotación (llegando a ganar hasta 6.8 puntos, tabla 8.11 b). Para el caso donde se uso surfactante en la celda de flotación la blancura baja.

### 8.3 Pruebas para la muestra de Mexpape.

#### Desarrollo de las pruebas

##### Material:

Para realizar las pruebas se utilizó pulpa de la planta de destintado antes de que entre a la dosificación de peróxido de hidrógeno. Esta pulpa de papel es con una porcentaje alto de archivo blanco, ledger color y ledger blanco y poca pasta mecánica

#### 8.3.1. Etapa de peróxido (P)

Para la realización de las pruebas se utilizaron 10 gr. seco de pulpa y se le determino el pH inicial, blancura y consistencia En estas pruebas se vario la cantidad de peróxido, sosa, silicato y se adiciono DTPA. Las condiciones de operación son Temperatura: 85 °C, Consistencia 9.0 % y un tiempo de retención de 3.0 Hrs.

### 8.3.2. Etapa con Hidrosulfito (H) y FAS (F)

Para estas pruebas se vario la dosificación de cada uno de los químicos y se prepararon en el laboratorio cada uno de ellos. Se tomaron las mismas condiciones de operación de la planta.

#### Resultados:

*Tabla No. 8.12 Etapa con Peróxido de Hidrogeno*

EVALUACION DE BLANQUEO  
PEROXIDO DE HIDROGENO

CONDICIONES INICIALES:

pH	8.2	BLANCURA:	ISO	74.63
TEMPERATURA	85	L		90.87
TIEMPO DE REACCION	3	a		-0.04
CONSISTENCIA	9	b		2.82

PROD. QUIMICOS	UNID.	No. DE PRUEBA								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
PEROXIDO	KG/TON	16	10	15	20	16	16	20	16	16
SILICATO	KG/TON	8.5	8.5	8.5	8.5	15	20	20	10	15
SOSA	KG/TON	14	14	14	14	10	10	10	14	14
DTPA	KG/TON	1	1	1	1	1	1	1	1	2
PASTA BLANQUEADA										
BLANCURA	ISO	81.86	80.72	80.85	82.59	82.39	82.57	82.96	82.72	81.74
L		92.82	92.71	92.91	93.1	93.05	92.99	93.06	92.98	92.69
a		0.2	0.09	-0.04	0.18	0.18	0.27	0.36	0.34	0.31
b		0.42	1.14	1.4	0.35	0.41	0.16	-0.03	0.04	0.29
GANANCIA		7.23	6.09	6.22	7.96	7.76	7.94	8.33	8.09	7.11
RESIDUAL H2O2	%	0.34	0.38	0.24	0.36	0.34	0.34	0.48	0.35	0.51
pH		10.3	10.6	10.5	10.6	10.2	10.2	10.3	10.4	10.5

En estas pruebas se puede observar como se obtienen muy buenas blancuras, siempre y cuando se adicione una fibra secundaria más blanca y limpia. Además en este tipo de muestra se maneja un equipo diferente de Hidrapulper (Drum Pulper) que tiene una mayor eficiencia para eliminar cargas y quitar contaminantes a la fibra.

**Tabla No.8.13 Pruebas con Hidrosulfito y FAS**

**EVALUACION DE BLANQUEO  
FAS E HIRDSULFITO DE SODIO**

CONDICIONES INICIALES:

pH	8.2	BLANCURA:	ISO	76.3
TEMPERATURA	85	L		92.21
TIEMPO DE REACCION	3	a		0.08
CONSISTENCIA	9	b		3.78

PROD. QUIMICOS	UNID.	No. DE PRUEBA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
FAS	KG/TON	1	2	3	4	5	6	7	5
SOSA	KG/TON	1	2	3	4	5	6	7	10
PASTA BLANQUEADA									
BLANCURA	ISO	82.45	83.04	83.53	83.98	84.64	84.5	84.05	84.24
L		94.14	94.72	94.02	94.34	94.58	94.52	94.32	94.05
a		-0.18	-0.01	-0.08	0.01	0.01	0.04	0.07	1.26
b		2.36	2.36	1.81	1.5	1.42	1.41	1.4	0.66
pH		7.6	7.5	7.5	7.6	7.8	7.6	7.7	8.9
GANANCIA		6.15	6.74	7.23	7.68	8.34	8.2	7.75	7.94
PROD. QUIMICOS	UNID.	No. DE PRUEBA							
		1	2	3	4	5	6	7	8
HIDROSULFITO	KG/TON	1	2	3	4	5	6	7	5
PASTA BLANQUEADA									
BLANCURA	ISO	82.72	81.59	82.88	83.09	82.92	83.43		
L		93.67	93.82	94.22	94.26	94.18	94.32		
a		0.21	-0.23	-0.15	-0.1	-0.12	-0.1		
b		2.87	2.14	2.46	2.04	2.06	1.91		
pH		7.2	7.1	7	7	6.9	7.1		
GANANCIA		6.42	5.29	6.58	6.79	6.62	7.13		

En estas pruebas la blancura es muy buena también y reduce el color que llega a tener la pasta, este color es ocasionado por el material ledger color que tiene al entrar al pulper.

## IX Conclusiones

Los procesos de reciclado de la fibra secundaria han demostrado ser muy variados y en algunos casos muy complejos. Además de estar muy tecnificado el lenguaje usado para describir los nombres de equipos, técnicas, tipos de papel y en algunos casos hasta las técnicas de análisis.

El reciclado de fibra secundaria a resultado ser una solución adecuada a la creciente contaminación producida por desechos sólidos provenientes del papel, además de ser una manera de disminuir un poco el uso de la madera de los árboles. Independientemente de que los procesos mismos de reciclado de fibra secundaria generan desechos durante su elaboración y actualmente se están haciendo estudios para el uso de esos desechos, en la fabricación de tabiques y techos para casas.

Una de las razones por las que se esta reciclando la fibra secundaria en México es porque se esta realizando una tala indiscriminada de los bosques , además de no contar con buenas maderas como en los países Nórdicos. En México existen cuatro plantas que usan madera para la fabricación de pulpa virgen, pero actualmente solo están en operación dos plantas.

Ahora bien, como el proceso de reciclado de fibra secundaria va en aumento se hace necesaria tener la información a la mano y de una manera entendible para todos los técnicos que trabajan en la industria del reciclado del papel.

Todo lo anterior se justifica con las pruebas realizadas donde se usan los equipos y procesos de destintado para diferentes tipos de fibra secundaria.

En los resultados obtenidos para la muestra de Cartones Ponderosa, son alentadores para la mezcla con papel periódico ya que este tipo de mezcla es la que desarrolla una mejor blancura. Por otra parte, es importante destacar que aunque no se nota la blancura en la primera etapa para la mezcla B, es debido a la interferencia del color amarillo que lleva el directorio amarillo y el equipo donde se analiza la blancura es sensible a este color dando resultados bajos, pero cuando se usa el TDO (FAS) se le quita el color amarillo a la muestra la blancura es tan buena que llega a ganar hasta 10 puntos de blancura (Tabla No. 8.7, prueba 2). El uso de estos químicos ( $H_2O_2$  y TDO) y con las dosificaciones propuestas se llega a obtener buenos resultados principalmente para las mezclas que contienen papel periódico (son los que tienen más tinta) y satisfactorias para mezclas con un 10% de directorio amarillo. En Conclusión podemos decir que para las mezclas propuestas, los blanqueos de estas muestras son satisfactorios, pero se tendrá que hacer una evaluación de los ahorros en el consumo de directorio amarillo con respecto a la cantidad de químicos a dosificar, ya que el valor de este tipo de fibra es muy barato

pero el uso de TDO puede ser caro, además, por otra parte, hay que tomar en cuenta los equipos donde se llevaran a cabo los blanqueos en la planta, puesto que esta planta (Cartones Ponderosa) no cuenta con una torre de blanqueo.

Los blanqueos realizados a las muestras de la planta de Kimberly Clark de México con peróxido de hidrógeno obtienen buenos resultados antes de la celda de flotación, pero si se aplica el peróxido de hidrógeno después de la celda de flotación adicionando un surfactante, sus resultados pueden mejorar. El uso del surfactante en muchas plantas es restringido, ya sea por el costo de este, por la falta de control en la celda de flotación y porque el material que se alimenta al pulper contiene poca tinta (diferencia entre el papel periódico y el de archivo blanco, por ejemplo).

El blanqueo con TDO (o FAS) da buenos resultados antes y después de la celda de flotación, pero, la blancura puede disminuir cuando se adiciona algún surfactante. Aquí lo más importante es ver como al adicionar el peróxido de hidrógeno después de la celda de flotación y darle la segunda etapa con algún agente reductor se pueden obtener los mejores resultados.

Por otra parte, el peróxido de hidrógeno funciona bien a una temperatura de 80° C con una consistencia del 15% y durante 25 min.; de retención. Esto es importante pero no funciona como una regla, ya que en algunas plantas es muy difícil llegar a estas condiciones. En éstos casos se puede corregir la falta de temperatura con un aumento en el tiempo de retención.

De acuerdo a los resultados obtenidos en el blanqueo de las muestras de Mexpape con peróxido de hidrógeno vemos como se llega a buenas blancuras cuando se aumenta el silicato de sodio y se aumenta el peróxido de hidrógeno (prueba No. 7 de la tabla No. 8.12).

En las pruebas con Hidrosulfito de sodio y FAS se observa como, con una cantidad de 3 y 4 KG./TON de FAS se obtienen buenos resultados en la ganancia de blancura en comparación con el Hidrosulfito de sodio ya que se emplea el doble de producto o más (prueba No. 6 de la tabla No. 8.13) y apenas se obtienen resultados similares.

Para el peróxido de hidrógeno es mejor adicionarlo en la torre de blanqueo que en el pulper, ya que el uso del peróxido de hidrógeno en el pulper es para evitar el amarillamiento de la pulpa mecánica y en este caso no se esta usando pulpa mecánica o se esta usando un porcentaje muy bajo.

Como Conclusión general se puede decir que, de acuerdo a las pruebas realizadas a cada una de las muestras aquí mencionas, se pueden obtener muy buenas fibras para la

fabricación de diferentes tipos de papel. Lo importante es poder escoger primero la materia prima que se va a utilizar, después, el tipo de equipo y los pasos o etapas de acuerdo a lo que se trata en este trabajo, junto con las especificaciones de uso y condiciones de la planta. Y como tercero escoger el tipo de blanqueo y de los químicos a emplear. En este estudio no se incluyeron pruebas para el tipo de material que se emplea en lo que es empaques, ya que su simpleza consiste en usar un pulper, lavar la pulpa y enviarla a la máquina de cartón o papel. Así mismo estas pruebas trataron de incluir en lo más que se pudo a todos los pasos mencionados y los químicos más utilizados en el proceso de reciclado de la fibra secundaria.

En la actualidad la tecnología del reciclado va tomando mayor auge, y por lo tanto, nos esta involucrando más a todos, por tal motivo este tema es de mucha importancia

Finalmente al revisar los objetivos de la tesis podemos concluir que estas se cumplieron totalmente, ya que con la realización de este trabajo:

1. Se dan ha conocer los equipos, procesos y tipos de papel reciclado así como los papeles de uso final.
2. Se comparan los procesos de destintado para papeles finos contra el proceso sencillo para la fabricación de cartón para empaque.
3. Se incluyen pruebas a nivel laboratorio para la elaboración de diferentes tipos de papel.
4. Se destaca la importancia que tiene el reciclado de la fibra secundaria y la de tener información a la mano y de una forma más entendible.

**INDICE**

	Página.
<b>OBJETIVOS Y ALCANCE</b>	i
<b>I. INTRODUCCION</b>	3
<b>II. FIBRAS SECUNDARIAS</b>	8
2.1. Definición y grado	8
2.2. Categorías	10
2.2.1 Sustituto de pulpa	11
2.2.2. Grado destintado	11
2.2.3. Grados especiales	12
2.2.4. Grados de baja calidad	13
2.3. Contaminantes	13
2.3.1. Cargas	13
a) Arcillas	13
b) Ceras	13
c) Solventes	14
d) Látex	14
e) Cargas extrudadas	14
2.3.2 Adhesivos	15
a) Adhesivos vegetales	16
b) Goma animal	16
c) Adhesivos caseína.	17
d) Adhesivos base - hule	17
e) Adhesivos de resinas sintéticas	17
f) Adhesivos inorgánicos	18
2.3.3. Tintas de impresión	18
a) Tintas para papel periódico	18
b) Tintas para offset y de impresión	18
c) Tintas flexo gráficas	19
d) Tintas de retrograbado	20
e) Tintas especiales	20
2.4. Terminología	21
<b>III. ECONOMIA DE LA FIBRA SECUNDARIA</b>	24
3.1. Actividad del negocio	24
3.2. Costo e inventario de la pulpa de madera	24
3.3. Demanda regional	25
3.3.1 Suministro vs. las necesidades industriales	25
3.4. Transportación	25
3.5. Las características de la fibra	25
<b>IV. EL PROCESO DE RECICLADO DE FIBRA SECUNDARIA</b>	28
4.1. Procesos y Equipos	28
4.1.1. Procesos fríos	28

4.1.2. Procesos calientes	29
4.1.3 Equipos	29
4.1.3.1. Hidrapulper	30
4.1.3.2. Lavadoras	30
a) Espesamiento vs. lavado por dilución	31
b) Las características de la operación de las lavadoras	31
c) Lavadoras de baja consistencia	32
1.- Cribas Sidehill	32
2.- Deckers de gravedad	32
d) Lavadoras de consistencia media	32
1.- Extractor de tornillo inclinado	32
2.- Filtro al vacío	33
e) Lavadoras de alta consistencia	33
1.- Prensa tornillo	33
4.1.3.3. Celda de flotación	34
a) Fundamentos	34
b) Maquinas de flotación	34
4.1.3.4. Limpieza y tamiz	35
a) Tamiz	35
b) Limpiadores centrífugos	35
c) Limpiadores inversos	36
4.1.3.5 Torre de Blanqueo	37
4.2. Los diez pasos del destintado	37
<b>V. BLANQUEO DE LA FIBRA SECUNDARIA</b>	45
5.1. Blancura y Brillantes	45
5.2. La química del blanqueo	46
5.2.1. El destintado en el pulper	46
5.2.2. Los químicos en el destintado	48
a) Hidróxido de sodio	48
b) Peróxido de hidrógeno	49
c) Agentes quelantes	50
d) Silicato de sodio	52
e) Químicos aglomerantes	53
f) Surfactantes	54
g) Dispersantes	56
h) Colector químico	57
5.3. Blanqueo de pulpas destintadas	61
5.3.1. Blanqueo de fibra reciclada con bajo contenido de lignina	61
5.3.2. Blanqueo con agentes basados en bajo o nada de cloro.	62
5.3.3. Quitar el color	63
5.3.4. El FAS para quitar el color	63
5.3.5. El Hidrosulfito para la eliminación de tinta	65
5.3.6. El efecto del lavado sobre el desarrollo de la blancura.	66

5.3.7. Blanqueo de multi etapas para blancura arriba de 85° ISO	67
5.3.8. Blanqueo de fibra reciclada con alto contenido de lignina	69
	<b>Pág.</b>
5.3.9. Blanqueo con Hidrosulfito de sodio	69
5.3.10. Aplicación del peróxido de Hidrógeno.	70
a) En el pulper	70
b) Consistencia y pH en el pulpeo.	71
c) En la torre	71
a) En el post destintado	72
a) En paginas amarillas de directorio	73
a) En ONP/OMG para altas blancuras	74
<b>VI. CONSIDERACIONES AMBIENTALES</b>	77
6.1. Consideración directa	77
6.2. Consideración indirecta	77
6.2.1 Desechos sólidos	77
6.2.2 Desechos líquidos	78
6.2.3 Desechos en forma de gas	79
<b>VII. USOS DE LA FIBRA SECUNDARIA</b>	81
<b>VIII. PRUEBAS EN LABORATORIO</b>	85
8.1. Pruebas de Cartones Ponderosa	88
8.2 Pruebas de Kimberly Clark de México, S.A. de C.V.	92
8.3 Pruebas de Mexpape.	94
<b>IX. CONCLUSIONES</b>	98
<b>INDICE</b>	101
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	104

## Bibliografía

1. Black Clawson "Deinking Systems". Shartle Division
2. Degussa Co. "Application in Deinking Processes" Technical Bulletin
3. Degussa Co. "FAS una tecnología avanzada para el procesamiento de fibras secundarias" Boletín técnico
4. Directorio de Socios CNICP, 1991.
5. Douglas R. Crow. "The ten step of deinking", TTAPI Journal, July 1986, pp 101 -106
6. Electro Química Mexicana, S.A. de C.V. "Peróxido de Hidrógeno para Destintado" Boletín técnico No. 133
7. Electro Química Mexicana, S.A. de C.V. "Desentintado y Blanqueo" Boletín técnico No. 143
8. F. Hamilton & Leopold. "Secondary Fibers and non - wood pulping".3rd Edition Joint Text book Committee of the paper Industry.
9. Loreen A. Ferguson, "Deinking Chemicals" TAPPI Journal, July 1992 pp 75-82
10. Mc. Nutt. James A. Ph. D. "Global Trends for Secondary Fiber the Future of Deinking Grade". Jaakko Potry
11. Ortner. Herbert E. "Recycling of Paper Making Fibers" TAPPI PRESS. Edition 1981
12. Orozco, Fernando D. "Análisis Químico Cuantitativo" Ed. Porrúa 17 edición, pp.325-326.
13. Perales Maiza, Rafael. "Funciones Específicas en un Sistema de destintado" Revista ATCP, Junio 1986.
14. Smook G. A. "Manual Para Técnicos de Pulpa y Papel" Editorial TAPPI PRESS, 1990, pp. 199-209
15. Technidyne Corporation "Measurement and Control of Optical properties of paper" 2°. Edition. 1996

16. Tom Y. Meng. "Secondary Fibre Recycling Technology". Eighteenth Annual Pulp & Paper Technology Summer Institute, 1996, pp 20-28
17. Tom Y. Meng. " Bleaching of Deinking pulps". FMC Corporation
18. Tokai Electro-Chemical Co., Ltd. "Tec Light (thiourea Dioxide)" Technical Bulletin