

FIBRAS CELULÓSICAS VIRGENES Y RECICLADAS

PRODUCTOS DERIVADOS DEL PAPEL Y CARTON

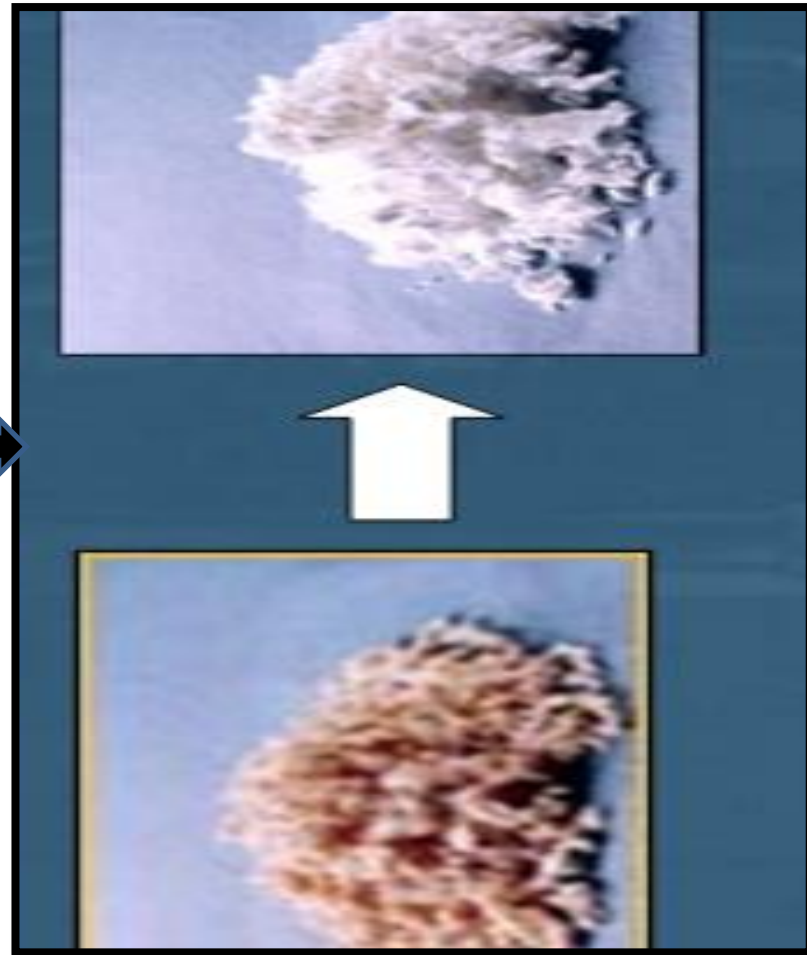


OBJETIVOS

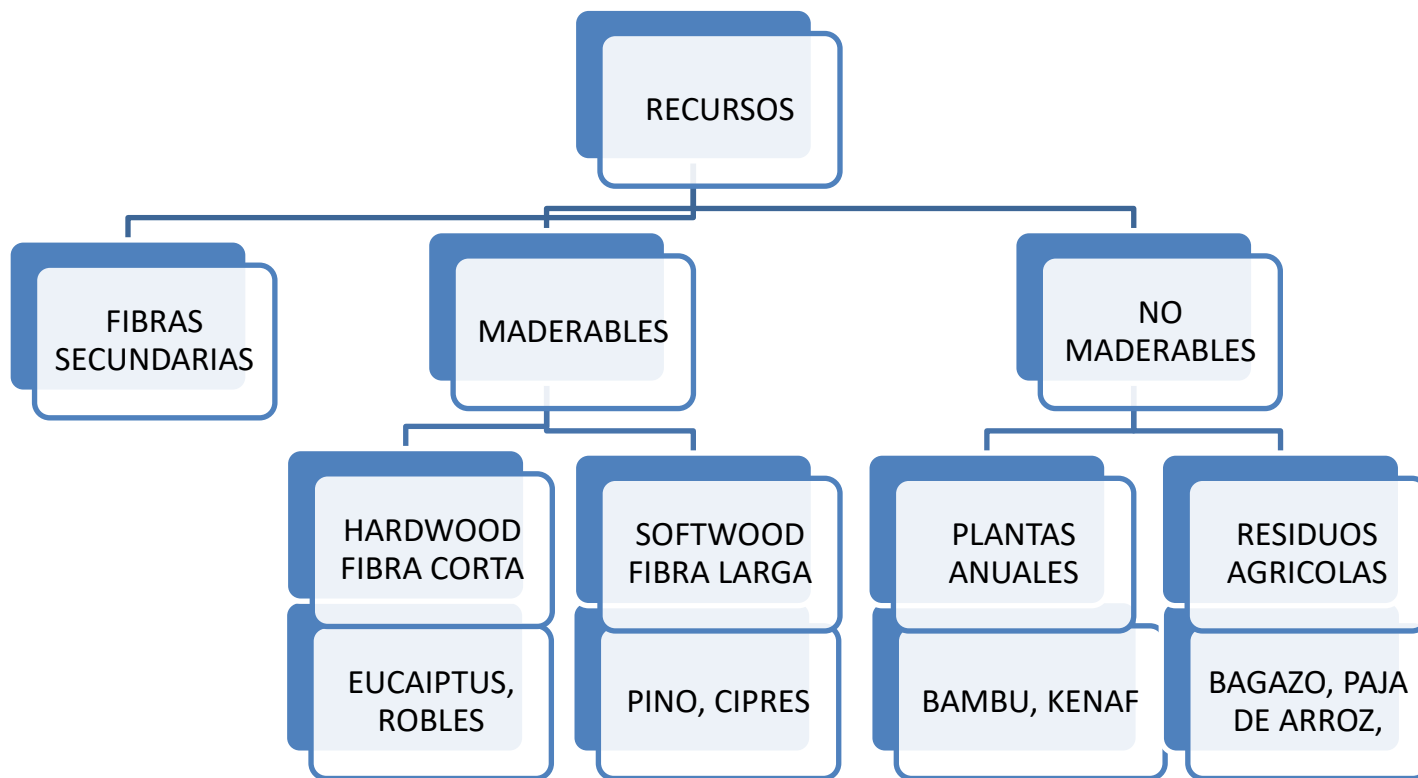
- Presentar los aspectos generales de los principales procesos de producción de pulpas.
- Reconocer el impacto del reciclado, como fuente de materia prima para la fabricación de papel & cartón
- Reconocer las diferencias entre las fibras vírgenes y las recicladas en los aspectos de limpieza y potencialidad de desarrollo de propiedades físicas.

1. FUENTES DE FIBRAS CELULÓSICAS

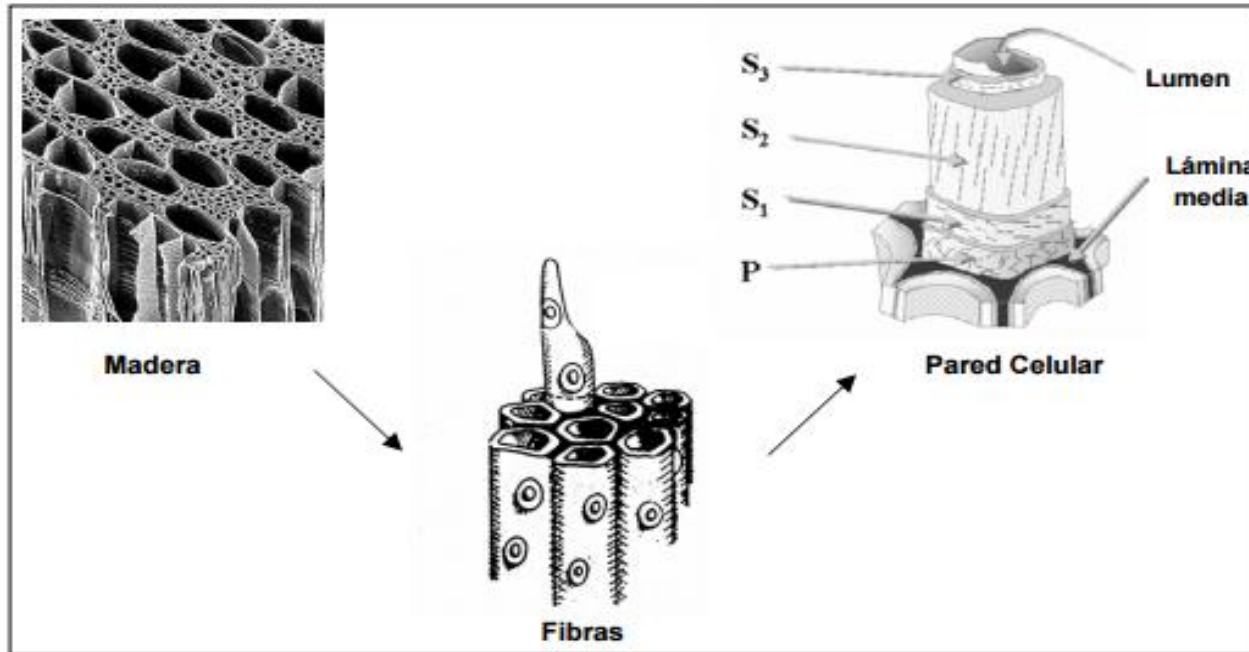
FUENTES USUALES DE FIBRAS EN AMERICA



CLASIFICACIÓN DE LOS RECURSOS FIBROSOS



ESTRUCTURA DE LA MADERA Y LA PARED CELULAR DE LAS FIBRAS



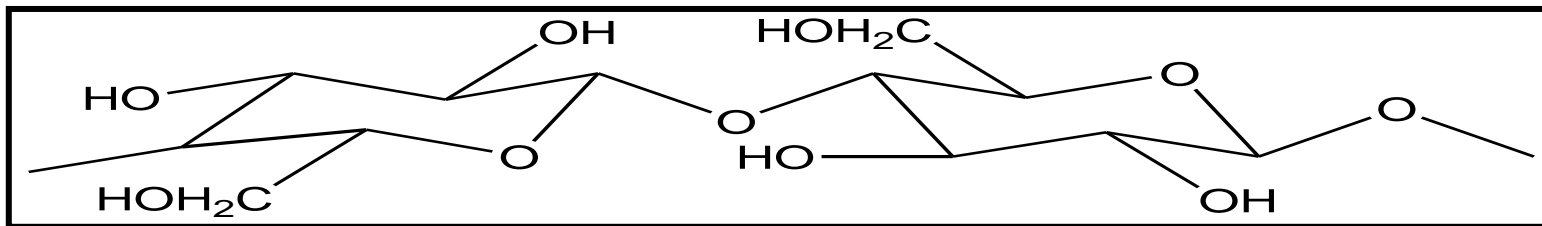
Estructura de la madera y de la pared celular de las fibras vegetales, P: pared primaria, S₁: pared secundaria externa, S₂: pared secundaria media, S₃: pared secundaria interna y LM: lámina media. (Kirk and Cullen, 1998)

Pared celular : Tiene la mayor cantidad de lignina pero está distribuida en un gran volumen

Lamina media: Tiene una pequeña cantidad de lignina pero está concentrada para mantener las fibras unidas

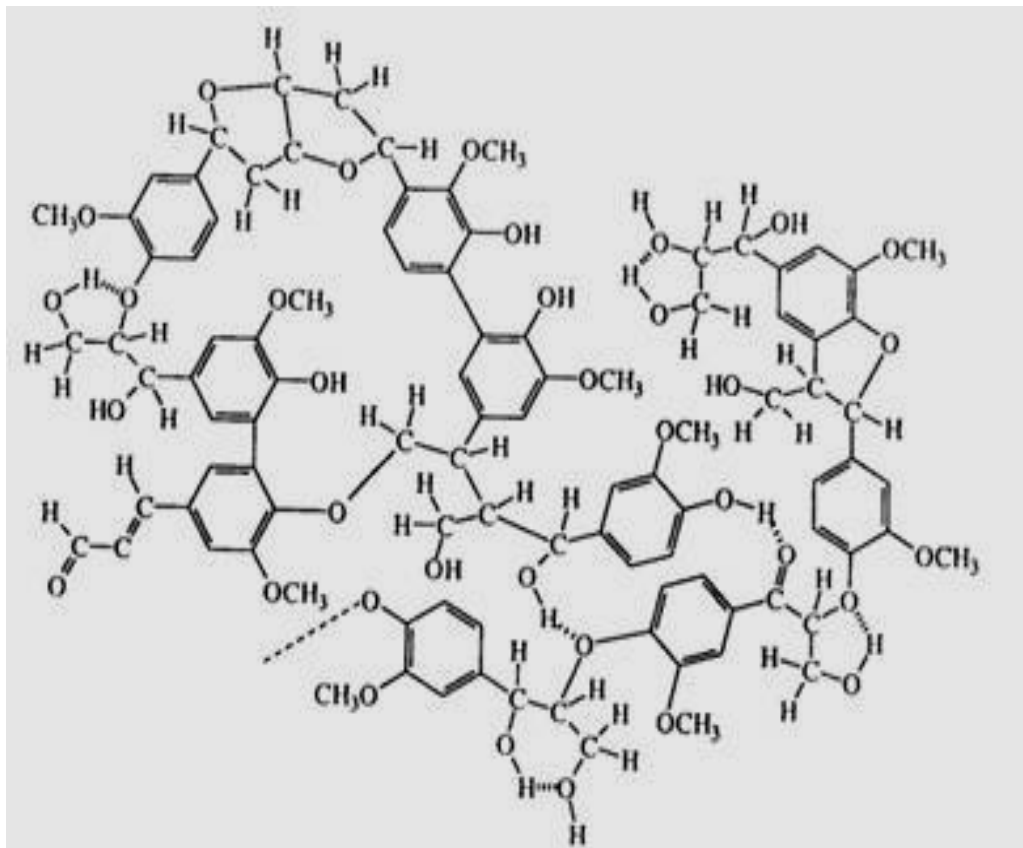
ESTRUCTURA DE LA CELULOSA

- Determina el carácter de la fibra y permite su utilización en la fabricación del papel.
- Esta compuesta por muchas unidades de azúcar(glucosa).
- Su fórmula química es $(C_6H_{10}O_5)_n$, siendo n el grado de polimerización(# de unidades que se repiten)
- **Alta resistencia**
- **Capacidad para formar enlaces**
- **Insolubilidad en agua**
- **Capacidad de absorber aditivos**
- **Hidrófilica**
- **Estabilidad química**
- **Cristalina blanca**
- **Permeable a gases**



ESTRUCTURA DE LA LIGNINA

- Polímero complejo de alto pesos molecular.
- Hidrofóbica
- Termoplástico
- Mantiene unidas las fibras
- Su presencia en el agua blanca crea interferencias.
- En la pulpa mecánica es la fuente de superficies cargada negativamente.



COMPOSICIÓN QUÍMICA DE DIFERENTES RECURSOS FIBROSOS

	Celulosa	Hemicelulosa	Lignina	Otros
	%	%	%	%
Bagazo de Caña	41	25	18	14
Eucaliptus	42	30	26	2
Pinos	42	26	28	4
Maderas Duras	38	37	21	4

Fuente : Handbook de Casey

2. MORFOLOGÍA DE LAS FIBRAS CELULÓSICAS

MORFOLOGÍA FIBRAS CONIFERAS Y LATIFOLIADAS

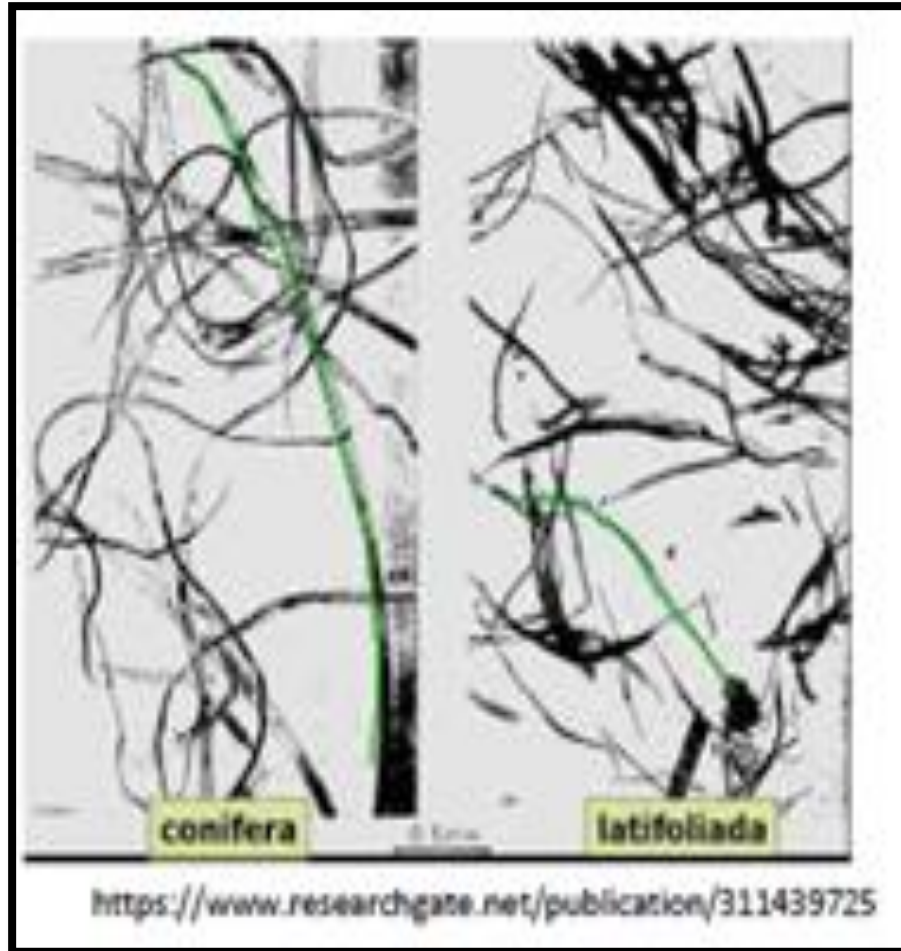
CONIFERAS- PINOS

- Longitud: 3-7 mm
- Diámetro: 30-50 um.
- Espesor : 3-7 um.
- Estructura general:
Acanalada con huequitos en los bordes y con las puntas selladas.

LATIFOLIADAS- EUCALIPTUS

- Longitud : 1-2 mm
- Diámetro : 15-30 mm
- Espesor: 3- 7 um.
- Estructura general: Hueca alargada con extremos cerrados y pocas perforaciones en los bordes

FIBRAS CONIFERAS VS LATIFOLIADAS



3. PROCESOS DE FABRICACIÓN DE PULPAS

PULPA

ES EL MATERIAL FIBROSO PARA LA FABRICACIÓN DEL PAPEL Y CARTÓN. GENERALMENTE ES DE ORIGEN VEGETAL.

OBJETIVOS DE LOS PROCESOS DE PULPEO

- Remoción parcial o total de la lignina de las fibras
- Separar las astillas remanentes en la pulpa
- Remover y recuperar los químicos residuales empleados en la producción de pulpa
- Refinar las fibras al nivel requerido por los clientes
- Blanquear la pulpa

PROCESO DE PULPEO MECÁNICO

- **Principio de Producción: Desintegración de la madera** mediante la aplicación de grandes cantidades de energía, utilizando medios mecánicos; con o sin la ayuda de sustancias químicas y/o calor
- **Características del Proceso:**
 - Maderas Utilizadas : Coníferas - Pinos
 - Rendimiento entre 80-98%
- **Características de la pulpa**
 - Bajas resistencia por daños en la estructura de las fibras
 - Alta opacidad
 - Pastas claras e inestabilidad en la blancura
 - Relativamente suave
 - Alto Bulk(cm³/grs)
 - Rápida absorción de tintas

PROCESO DE PULPEO QUÍMICO

- **Principio de Producción:** Separación de las fibras por la acción combinada de sustancias químicas, calor y tiempo de cocimiento
- **Características del proceso:**
 - Maneja diferentes de materias primas- Madera , Bagazo, otros
 - Bajo consumo energía
 - Rendimiento en pulpa : 40 a 55%
 - En proceso Kraft se emplea Sulfuro de Sodio y Soda cáustica
- **Características de las pulpas**
 - Alta resistencias por mínimo efecto en la estructura de las fibras
 - Pastas crudas de color oscuro
 - Pulpas se blanquea a alto niveles de blancura y son estables

CONDICIONES DE OPERACIÓN DE LOS PROCESOS DE PULPEO QUIMICO

CONDICIONES	PROCESO KRAFT	PROCESO AL SULFITO
REACTIVOS(Licor)	SODA CAUSTICA Y SULFURO DE SODIO	SULFITO ACIDO DE CALCIO
TIEMPO	2-4 HR	2-10 HR
PH	> 13	<5
TEMPERATURA	170 A 180 °C	120-160° C

PROCESO SEMIQUÍMICO

- **Principio del Proceso**

Etapa Química. Tratamiento químico moderado de la materia prima, que tiene como objetivo principal el debilitamiento del complejo lignina – carbohidrato que une las fibras



Etapa Mecánica

Tratamiento mecánico para separar las fibras , depurarlas y refinarlas.

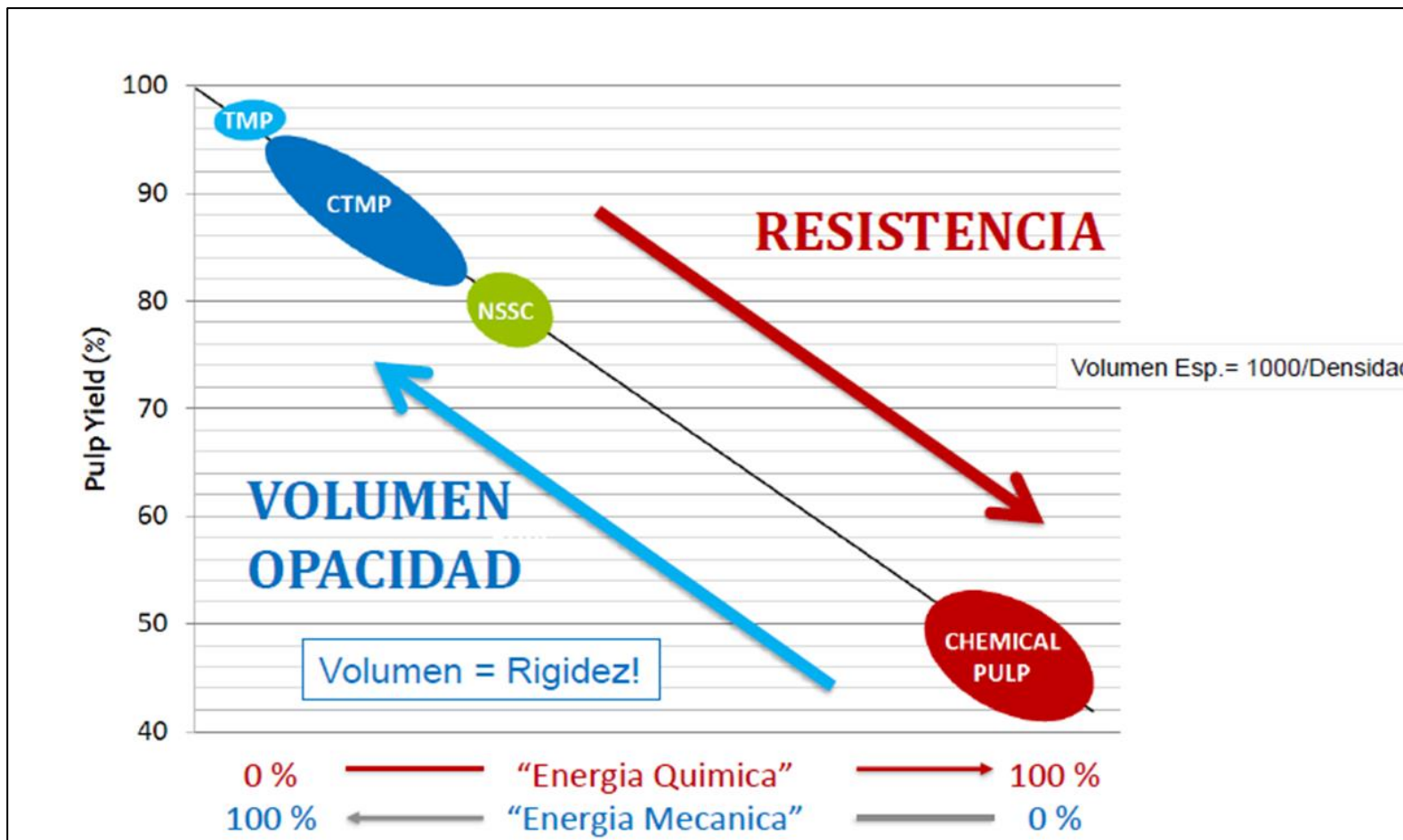
- **Características del Proceso**

- Apropiado para maderas fibras cortas
- **Rendimiento entre 55-75 %**

- **Características de la pasta**

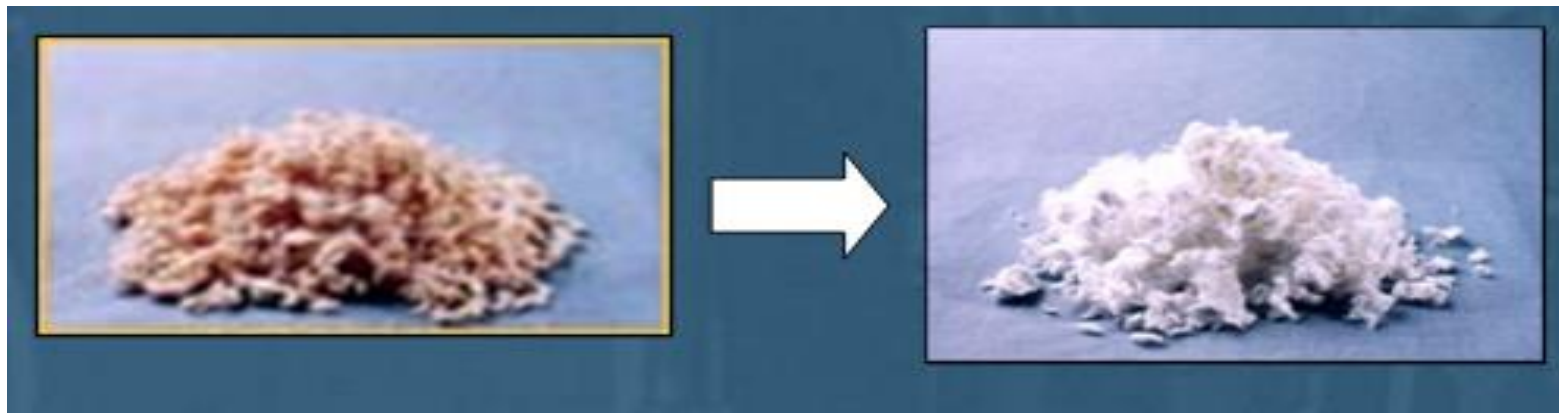
- Fibras estructuralmente parecidas al proceso químicos
- Muy adecuada para la producción de Corrugado medio
- Color oscuro por la alta presencia de lignina---- Blancuras intermedias

RENDIMIENTOS VS ENERGÍA EN PROCESOS DE PULPEO

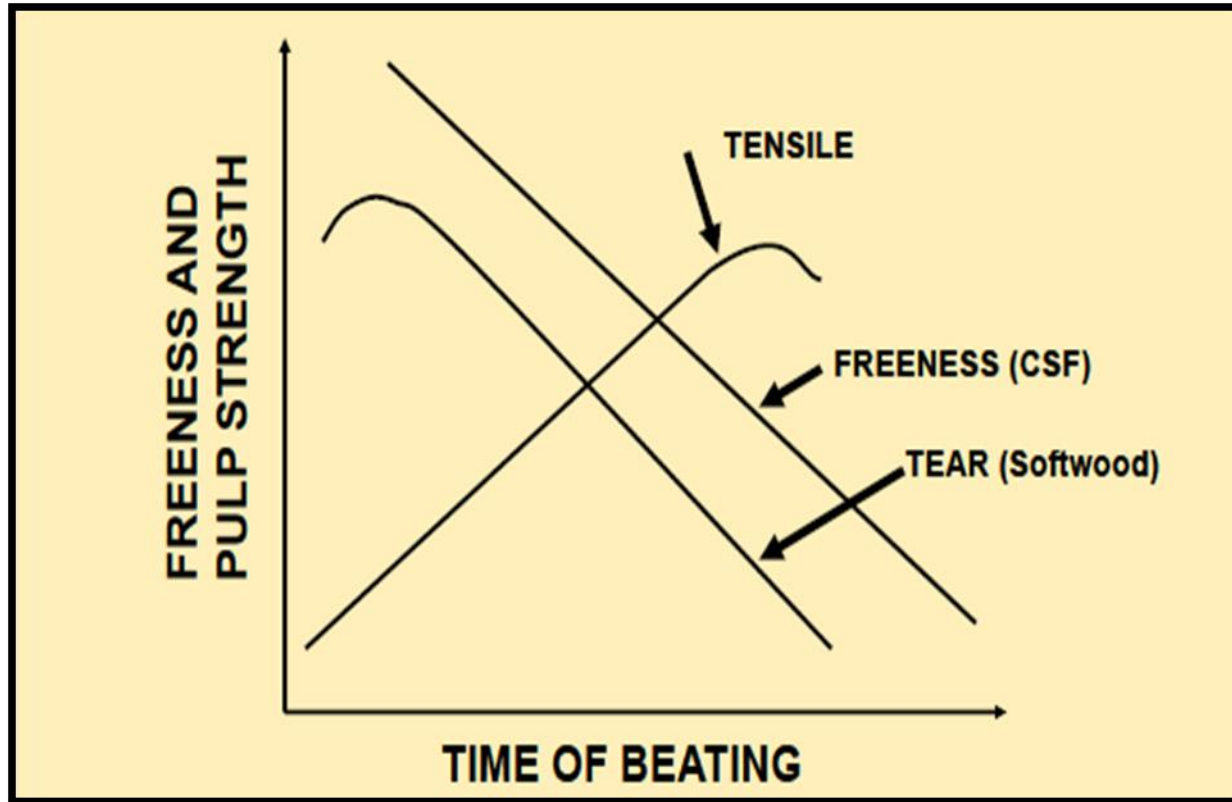


BLANQUEO DE LAS FIBRAS

- **Objetivo:** Remover el color presente en la pulpa cruda, mediante tratamiento químico, sin afectar sensiblemente la celulosa.
- **Procesos de Blanqueo :**
 - **TFC- Libre de la utilización del Cloro: Deslignificación con oxígeno y Tratamientos con Peróxido de Hidrogeno , Ozonos, Quelantes y otros.**
 - **EFC- Libre de la utilización del Cloro Elemental: Usa Dióxido de Cloro e Hidróxido de Sodio**

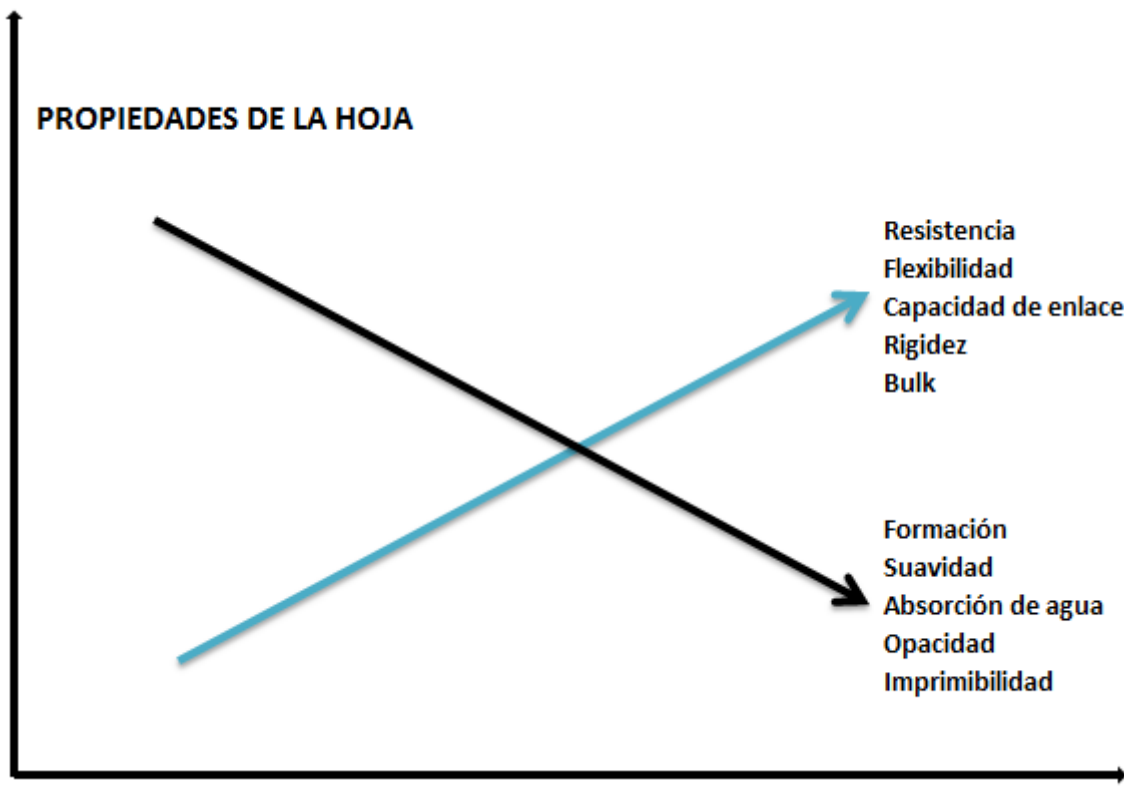


CURVA DE BATIMIENTO DE UNA PULPA



Fuente : TEMAP

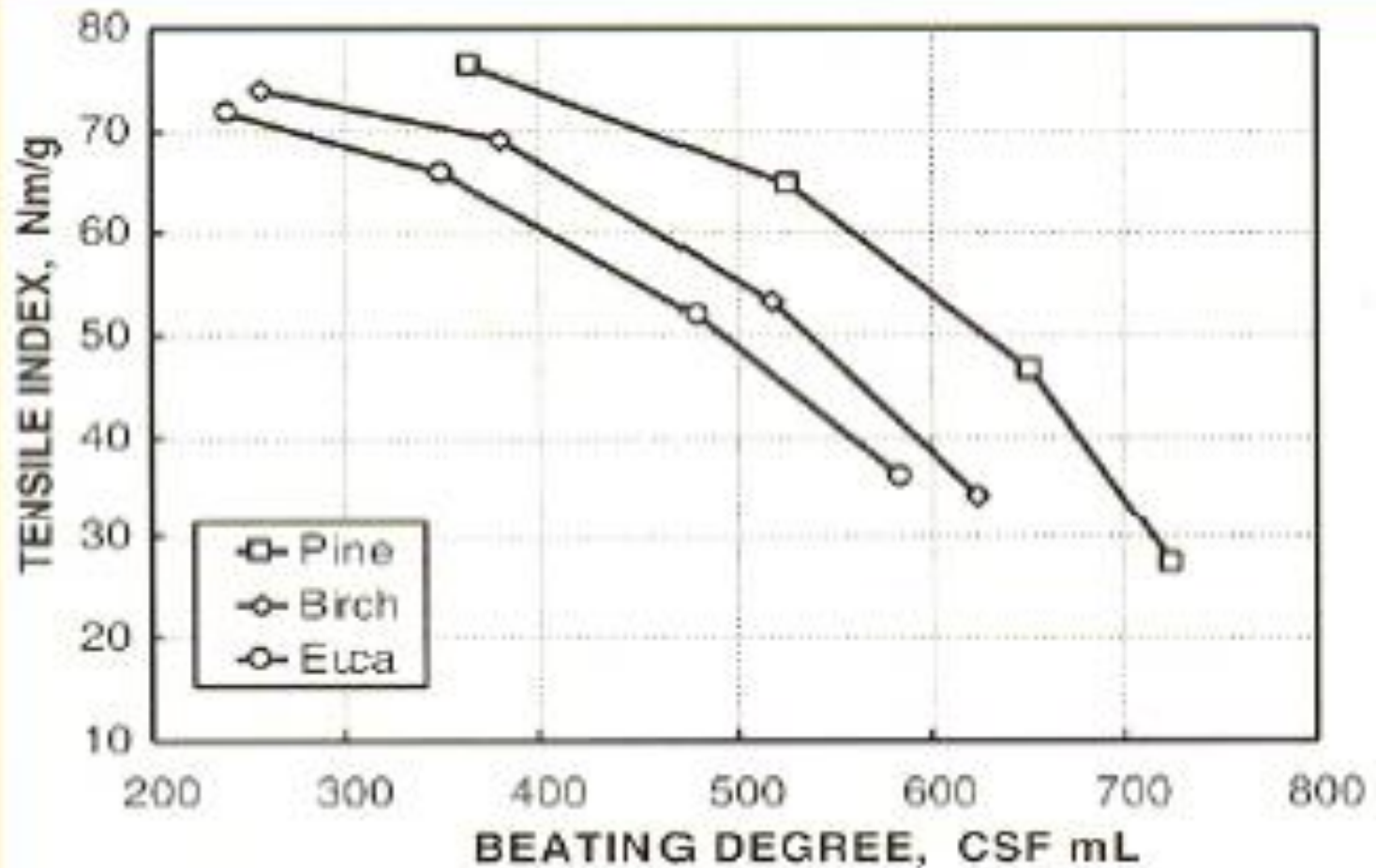
RELACIÓN DE LAS PULPAS VS PROPIEDADES DE LA HOJA



Relación de cantidad de Pino/ Eucaliptus



RELACION ENTRE EL FREENESS Y EL DESARROLLO DE PROPIEDADES DE LAS FIBRAS



Fuente: Temap

CALIDAD DE LAS PULPAS DESDE EL PUNTO DE VISTA DEL PAPELERO

- Contenido de humedad
- Contenido de puntos de negros y/o material contaminantes
- Blancura si es pulpa blanca
- Facilidad de desintegración
- Longitud de fibras
- Tipo de pulpa
- Desarrollo de Resistencia: Prueba en valley beater o PFI

VIDEO SOBRE FABRICACION DE PULPA- BOSNIA



<https://www.youtube.com/watch?v=nP1TUR9bYhY>

4. FIBRAS SECUNDARIAS O RECICLADAS

A. PROCESO DE RECICLAJE

LA FORMULA DE LAS 3 R

- **Reducir:** Generar la menor cantidad de desechos y residuos
- **Reciclar:** Hacer un nuevo productos con materiales usados
- **Reusar:** Volver a usar objetos para reducir la generación de residuos

INDICADORES DEL RECICLAJE DE PAPEL Y CARTON

- **Rata de Recuperación(RR)**= Se refiere a la cantidad de papel que no va al relleno sanitario. Se calcula en porcentaje así:
 - $RR = \left(\frac{\text{Cantidad de papel recuperado}}{\text{Cantidad de papel consumido}} \right) * 100$
- **Rata de Utilización (RU)**= Se refiere a la fracción de fibra reciclada contenida en el papel. Se calcula como porcentaje así:
 - $RU = \left(\frac{\text{Cantidad de papel recuperado}}{\text{Cantidad de papel producido}} \right) * 100$
- Ejemplo: En un país : - Total papel consumido:79 millones de tons. Papel recuperado 51.4 millones de tons
- $RR = 51.4 * 100 / 79 = 65\%$

B. CLASIFICACIÓN DE LAS FIBRAS RECICLADAS Y RENDIMIENTOS

EJEMPLOS DE MATERIALES RECICLADOS



DKL



Blanco de 1era



OCC



CORRUGADO DE 2DA



MIXTO



Archivos

GRUPO DE FIBRAS RECICLADAS

- **OCC/DKL**: Cartón corrugado empleados para fabricar cartón y embalajes de cartón
- **News Grades**. Son derivados del papel periódico y se emplean para hacer papel prensa, cartulinas, moldeados y otros
- **Mixto** : Incluye directorio telefónicos, cartones, revistas , catálogos y otros
- **Papeles para destintados**: Papel impreso, papel copia, sobres, primeros se le remueve la tinta y después se usan en papeles de imprenta y escritura.
- **Sustituto de pulpa**: Son papeles de muy buena calidad, que vienen de fabricas de conversión. Ej. blanco de 1era

COSTO REAL DE LA FIBRA RECICLADA

- Costo por tonelada del papel reciclado: C
- Fibra útil en el Reciclado: F
- Costo Real del Reciclado= $\$/\text{ton}$ de fibras
– **(Costo del reciclado/ ton)* (1ton de reciclado/F)**
- **Ejemplo**
- **Costo OCC= \$100 US/Ton**
- **Fibra útil = 80%**
- **$\$/\text{Ton}$ de fibras= $\$100/.80= \125 US**

C. CALIDAD DE LAS FIBRAS RECICLADAS

MATERIALES PROHIBIDOS Y OUTTHROWS, EN LA NORMA PS-2013 DOMESTIC AND EXPORT TRANSATION - ISRI

- **MATERIALES PROHIBIDOS**

- Cualquier material cuya presencia, exceda lo especificado en la norma; lo cual lo hace inadecuado para el grado indicado.
- Cualquier material que pueda dañar al equipo.
- ❖ Todo el papel recuperado debe estar libre de residuos de alimentos, medicinas, peligrosas o cualquier otra sustancia dañina o líquido
- ❖ La cera es un material prohibido a menos que entre vendedor y comprador se haga un acuerdo.

- **OUTTHROWS:** Son todos los papeles que son fabricados, tratados o están en una forma, que hace inconveniente su consumo para el grado especificado

EJEMPLO DE UNA ESPECIFICACION DE CALIDAD EN UN OCC

- De acuerdo a las normas del reciclado en USA, este debe cumplir:
 - **Materiales Prohibido menor del 1%**
 - **Papeles de otras calidades menor del 5%**
- Son materiales prohibidos
 - Cualquier material que pueda dañar los equipos
 - El material debe estar libre de residuos de alimentos, medicinas o cualquier sustancia dañina.
 - Ceras

Fuente: Institute of Scrap recycling industries inc.

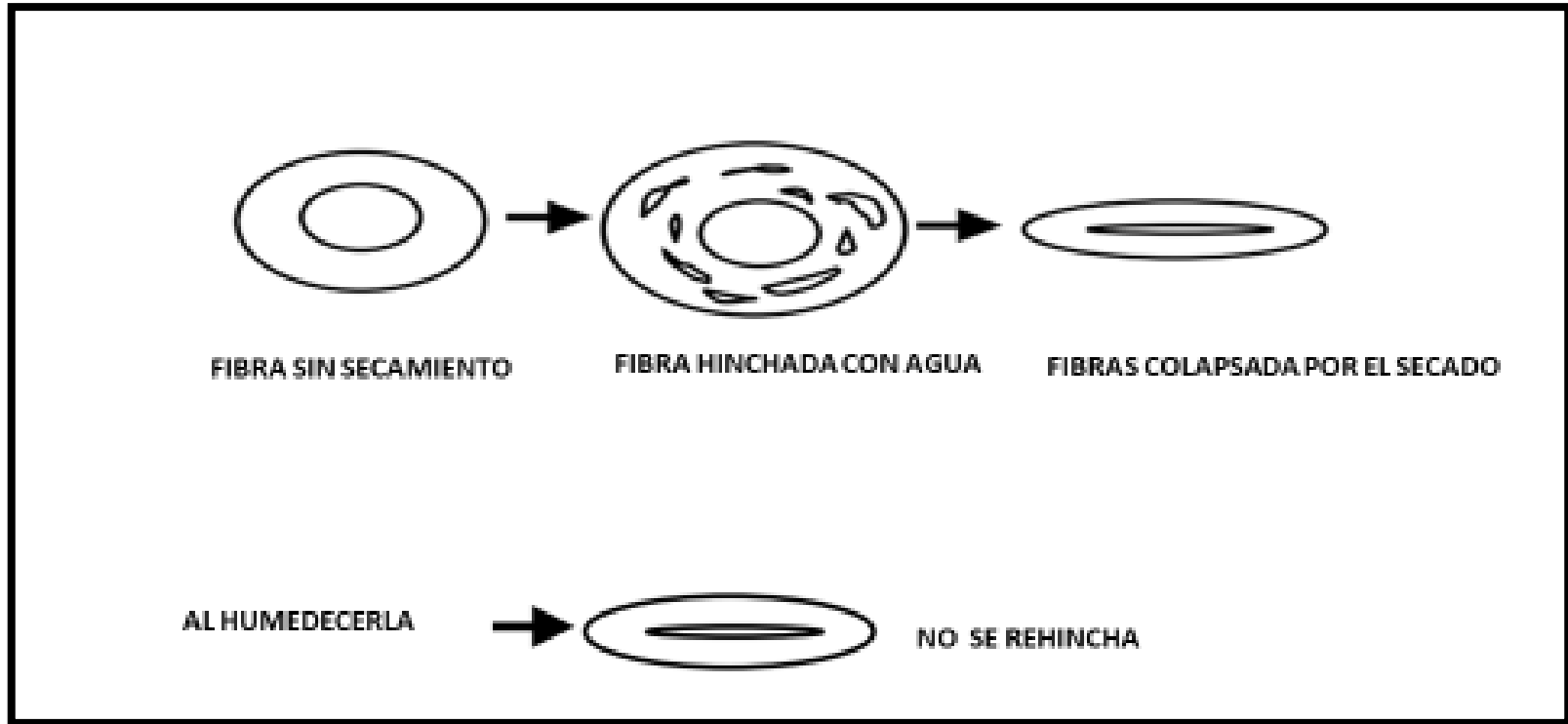


EFFECTOS DE LAS IMPUREZAS

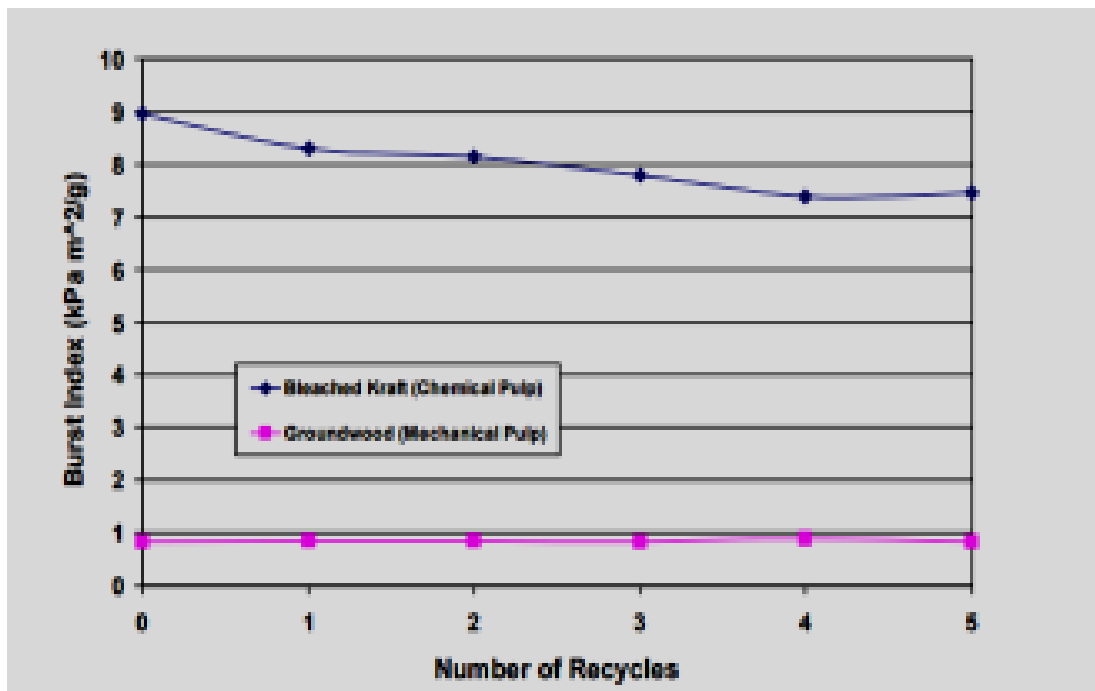


D. RESISTENCIAS DE LAS FIBRAS RECICLADAS

HORNIFICACION(RIGIDIZACIÓN) IRREVERSIBLE



COMPORTAMIENTO DE LA RESISTENCIA DE LAS FIBRAS VS EL NUMERO DE RECICLO



Fuente: Howard and Richard 1er foro de reciclaje

CAUSAS DE LA PERDIDA DE RESISTENCIA DE LAS FIBRAS RECICLADAS

- **Hornificación (rigidización de la pared celular) producida durante el secado, lo cual disminuye su capacidad de unión interfibrilar**
- Acumulación de fibras cortadas y finos, consecuencia de los repetidos pulpeos.
- Refinación inadecuada para evitar problemas de drenado
- Acumulación de cargas(pigmentos, caolines, otros) que aumentan el gramaje, sin contribuir a la mejora de la resistencia.
- Acumulación de materiales extraños(aceites, almidones, gomas) que recubren las fibras interfiriendo con su capacidad de enlaces.
- Debilitamiento de la flexibilidad de las fibras, derivada de los procesos previos a que han sido sometidas

CARACTERÍSTICAS DE DIFERENTES TIPOS DE OCC

Fibra Secundaria	SR	CSF	Resistencia de la fibra	Nivel de Contaminación
OCC Americano	20-25	500-600	Duro de desfibrar	2-5%
OCC Europeo	28-36	350-450	Resistencia Moderada y razonablemente fácil de desfibrar	4-8%
OCC Coreano	32-40	300-400	Fibra muy corta y relativamente fácil de desintegrar	10-13%
OCC Tailandes	36-40	300-350	Muy reciclado y poca resistencia	3-6%



EFECTO DE LAS FIBRAS RECICLADAS EN EL PROCESO DE FABRICACIÓN DEL PAPEL

- **Ahorro en costos**
- **Ahorro en consumo de energía**
- **Beneficios ambientales**
- Utilizada en proporciones adecuadas , permite fabricar papeles de buena calidad ,con fibras 100% recicladas
- Adecuar las condiciones operacionales de refinamiento y químicas para no afectar la velocidad de la máquina.
- Disponer de los equipos de limpieza operando bien para evitar problemas de rotura de la hoja a causa de contaminantes
- Seleccionar los aditivos químicos adecuados para disminuir la interferencia con la basura iónica.
- Incremento de los depósitos
- Menor limpieza

5. PROCESOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE LAS FIBRAS RECICLADAS

PROCESOS PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES DE LOS PAPELES FABRICADOS CON FIBRAS RECICLADAS

- Fraccionamiento
- Refinamiento
- Tratamiento químicos

PORQUE FRACCIONAR?

- Separar la fibra corta de la larga
- Refinar por separado la fibra larga
- Usar la fibra larga y corta en diferentes capas del cartón
- Emplear la fibra larga en liner y la corta en corrugado medio
- Remover finos y rellenos

VIDEO SOBRE RECICLADO DE PAPEL Y CARTÓN



<https://www.youtube.com/watch?v=Udq17uAF9jc>

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- **America Forest and Paper Association**
- Bureau of international recycling –BIR-
- C. Earl Libby : Ciencia y Tecnología sobre pulpa y papel
- G.A.Smook: Handbook for pulp and paper technologists
- Institute of Scrap Recycling Industries, Inc – Norma PS-2013
- Technical bulletin KADANT

GRACIAS
RENÉ HURTADO MINOTA

rene.hurtado@hotmail.com