“Implantación de Sistema de Depuración de Pasta en Baja Densidad de una Industria Papelera”

Carlos Oton Gavilanes Holguín [1], Ignacio Vicente Wiesner Falconí [2]
[1] Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción - Escuela Superior Politécnica del Litoral
elsinorf182@hotmail.com

[2] Ingeniero Mecánico, Facultad de Ingeniería Mecánica y Ciencias de la Producción - Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1971; Postgrado en México, UNAM – Politécnico de México; Investigador Visitante del CENIM – España y el IPT – Brasil; Profesor de la FIMCP – ESPOL desde 1975, Campus Politécnico Prosperina Km. 30.5 Vía Perimetral, Guayaquil, Ecuador, intramet@hotmail.com

Resumen

Este proyecto se desarrolló en una Planta Industrial localizada en la Provincia del Guayas, dedicada a la fabricación de papel Kraft, (Corrugado Medio, Extensible, y Test Liner) y sus derivados (Sacos de Papel Extensible para la Industria Azucarera y Cementera) y tubos Espiralados de cartón.

El uso de materia prima no limpia abarata los costos primarios de producción de pulpa, pero su rendimiento es cuestionable frente al contenido de impurezas (arena, plásticos, sólidos en suspensión). Las condiciones actuales del sistema, en cuanto a la cantidad de elementos contenidos en la fase de depuración gruesa y depuración fina, no cumplen con las expectativas proyectadas para la nueva producción, limitando la cantidad de pasta a procesar dentro del sistema y requiriendo el uso de materia prima limpia debido a la capacidad del sistema de depuración existente. Por lo que fue necesario el uso de un sistema descontaminador para depurar la pulpa previo a su ingreso a la primera de fase dentro del proceso de preparación de pasta “el cribado”.

Analizando las proporciones de consumo de OCC en los últimos años se determinó que las Pérdidas de fibra en el año 2007 (antes del proyecto) se mantenían en un valor promedio del 2.07% para cuando el consumo de OCC representaba el 54% del total de materia prima). Con el proyecto, en el año 2008 las Pérdidas de fibra ascendieron al 2.46%), en ausencia de un sistema de depuración fina con capacidad suficiente, cuando el consumo de OCC alcanzo el 56% del total. En el año 2009, este valor de pérdida desciendo al 2.39% siendo el consumo de OCC de un 55% del valor de la materia prima. Sin embargo en lo que va del 2010, este valor de pérdida se ha optimizado al 2.13 para cuando el consumo de OCC bordea el 55% en las siguientes proporciones: 31% de OCC NAC y un 24% de OCC INO

Palabras Claves: *Producción, materia prima,papel,costos,pulpa,, fibra, consumo, pérdidas, purificación, tamizamiento*

Abstract

This project was developed in an industrial plant located in the province of Guayas, dedicated to the manufacture of kraft paper, (Corrugated Medium, Extensible, and Test Liner) and its derivatives. A business policy by circumstantial issues national and international markets was to increase production. This increase in production of pulp was around 40% by increasing raw material requirements in 48000 tonnes / year according to estimates.

In this project aims to demonstrate the benefits that come with the introduction of a purification system, low-density within a paper processing plant: 1 .- Through an analysis of material consumption costs 2 .- through a comparison of fiber volume of effluent discharged not using this purification system.

Keywords: *Production, raw material, paper, costs, pulp, fiber, consumption, loses, purification, sieving.*

Introducción

Las políticas de la empresa para conseguir un aumento sustancial de la capacidad de producción para aprovechar la oportunidad del mercado nacional e internacional involucro todas las áreas de la planta.

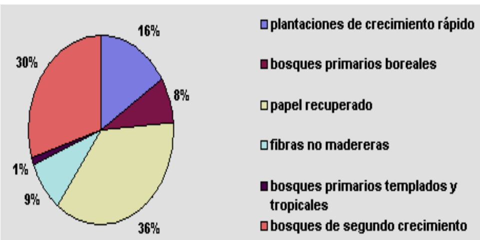
El presente trabajo profesional describe las actividades relacionadas al sistema de depuración de pasta que la empresa emprendió desde el año 2009, como parte de las tareas para cumplir las metas planteadas por la gerencia. La meta planteada fue el de aumentar en 30000 T/año la producción obtenida en el Molino II de sus instalaciones, es decir pasar de una producción promedio de 63000 T/año a 93000 T/año.

- Establecer proporción de consumo de OCC adecuada, para reducir las pérdidas porcentuales de fibra en un 0.07% del consumo total de materia prima.
- Reducir la carga de DKL sobre el sistema en el 1.25% del consumo total de materia prima.
- Implantación de un sistema de depuración fina que permita un incremento del 30% del flujo de pasta tratada.
- Reducción de costos iniciales de producción en un promedio de USD 14 /Tm al mes.

DESCRIPCIÓN DEL ÁREA DE PREPARACIÓN DE PASTA.

Tipos de materia prima usados en la conformación del papel

La materia prima fundamental para fabricar papel es la celulosa. De hecho, se puede decir que el papel es una lámina constituida por un entramado tridimensional de fibras de celulosa y otras sustancias (cargas minerales, colas, almidón, colorantes, etc.) que permiten mejorar las propiedades del papel y hacerlo apto para el uso al que está destinado.



FUENTES DE CELULOSA PARA FABRICACIÓN DE PAPEL

CARACTERÍSTICAS MORFOLÓGICAS DE LA FIBRA.

En las tablas siguientes se mencionan valores para el coeficiente de flexibilidad y el factor de Runkel:

TABLA 1
COEFICIENTE DE FLEXIBILIDAD DE LAS FIBRAS

Flexibilidad

Flexibilidad = l / D
l = Diámetro del lumen
D = Diámetro de la fibra

Rango	Tipo de pared celular	Rigidez
Mayor de 0.70	Muy gruesa	Muy alta
De 0.70 a 0.50	Gruesa	Alta
De 0.50 a 0.35	Media	Media
De 0.35 a 0.20	Delgada	Baja
Menor a 0.20	Muy delgada	Muy baja

TABLA 2
FACTOR DE RUNKEL

Factor Runkel = 2W/l

Donde :
W = Grosor de la pared de la fibra
l = Diámetro del lumen

Grado	Rango	Clasificación
I	Menor de 0.25	Excelente para papel
II	De 0.25 a 0.50	Muy buena para papel
III	De 0.50 a 1.00	Buena para papel
IV	De 1.00 a 2.00	Regular para papel
V	Mayor de 2.00	Mala para papel

Fibras recuperadas o secundarias

La fibra secundaria o recuperada es aquella que formo parte de la estructura de un papel determinado y este es de nuevo usado para la obtención de fibras celulósicas para fabricar papel.

Las fibras presentes en el papel y cartón viejo pueden volver a utilizarse para fabricar papel y cartón de nuevo. A través del proceso de reciclado se pueden recuperar la mayoría de las fibras de celulosa que contiene el papel. No obstante, este proceso no se puede repetir indefinidamente ya que las fibras recuperadas pierden resistencia en el proceso, siendo necesario aportar según la resistencia del papel que se quiera fabricar, una proporción de fibras vírgenes al proceso de reciclado, ya sea procedentes de madera o de otras fibras vegetales

El alto consumo de papel provoca también una gran cantidad de papel de desecho, lo cual ha obligado a los gobiernos a exigir el reuso de ese papel en la elaboración del mismo.

Materias primas no fibrosas:
Las materias primas no fibrosas se pueden dividir en dos grupos:

- Naturales.
- Sintéticas.

Adición de material no fibroso en estado sólido:
Cuando se adiciona el material no fibroso en estado sólido resulta práctico, sin embargo, a veces no es eficaz debido a las causas siguientes:

Se debe tener una relación exacta entre el material fibroso y los aditivos, pero es común tener problemas como: cantidades de material mal pesada, omisión por parte de los operadores en la dosificación de ciertos aditivos.
No todos los materiales no fibrosos pueden ser manejados con facilidad, uno de ellos son los colorantes

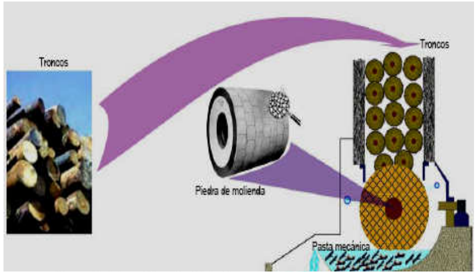
Principales elementos contaminantes en la materia prima.

En el pulpeo, o producción de celulosa, no importando cual sea proceso, o los cuidados, nunca se consigue evitar la presencia de partículas indeseables llamadas SUCIEDAD (ver anexos para clasificación). Una suciedad o impureza de la pulpa es constituida de varios elementos derivados de la materia prima de la celulosa: la madera u otro sistema de fabricación.

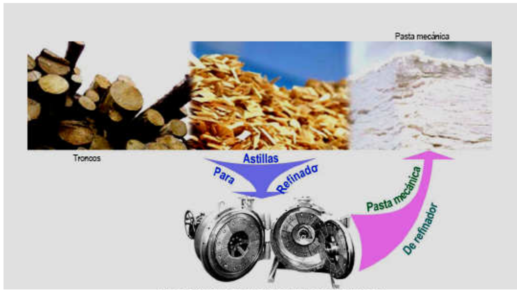
Lo mismo ocurre con los ciclones, diseñados en los más diversos tamaños, utilizando especialmente materiales que posean resistencia a la abrasión.

Para cuando los ciclones o hidrociclones, tienen que operar bajo condiciones donde su tamaño es ajustado, los flujos de pulpa son depurados por baterías de estos dispositivos funcionando en paralelo.

Disgregado de la materia prima
Un proceso mecánico para obtener celulosa es el molino de piedra tal como se muestra, que consiste en presionar los troncos de madera sobre la piedra que está girando, lo que hace que la madera se muela formándose una gran cantidad de fibras cortas suspendidas en agua; a esta celulosa se le llama Pasta Mecánica

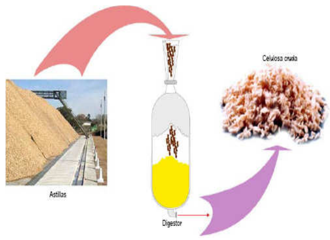


PROCESO DE ELABORACIÓN DE PASTA MECÁNICA

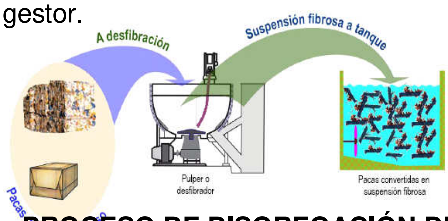


ELABORACIÓN DE PASTA MECÁNICA POR MEDIO DE REFINADOR
Otro proceso para elaborar pasta mecánica, es por medio de refinadores .

Primeramente los troncos se convierten en astillas, las cuales se alimenta a los refinadores provistos de discos que giran moliendo así las astillas y convirtiéndolas también en fibras muy cortas, es decir la Pasta mecánica…



PROCESO DE OBTENCIÓN DE CELULOSA QUÍMICA
Para obtener celulosa química (Fig. 1.9), se convierte los troncos en astillas, las cuales se depositan en un digestor junto con agua y sustancias químicas. Se les alimenta calor por medio de vapor, llevándose a cabo una reacción química dentro del digestor.



PROCESO DE DISGREGACIÓN DE MATERIA PRIMA

El primer proceso que se tiene para la elaboración del papel es el transformar la materia prima fibrosa, que viene en pacas, en suspensión fibrosa. Para ello las pacas y el agua se añaden a una tina en donde por acción de un rotor giratorio las fibras se separan formando así en unión con el agua la suspensión fibrosa

El material fibroso que se convierte en suspensión fibrosa, no solo tiene fibras sino también materiales que si permanecen junto con ella, como arenas, grapas, piedras, hierros, etc. causarán que el papel sea de mala calidad, por lo que deben separarse y eliminarse.

Tamizamiento y depuración centrifuga
Tamizamiento
Tamizar el flujo o forzar el paso de un producto bajo la sospecha de contaminación, a través de una pantalla (tamiz) hará que las partículas menores que los orificios de la pantalla pasen. Las partículas mayores serán retiradas.

En primer lugar, si la partícula es mayor al orificio de la pantalla, sería imposible el pasaje.
$P = (\ )$ (La probabilidad de aceptar es nula)

Si la partícula es más pequeña que el orificio de la pantalla, la probabilidad de ser aceptada será igual al área de los orificios sobre el área de la pantalla.

$$P_{aceptado} = \frac{S_o}{S_p}$$

So = área total de los orificios.
Sp = área total de la pantalla.
$\frac{S_o}{S_p}$ = Área abierta de la pantalla

A_p = área abierta de la pantalla.

$$P_{aceptado} = A_p$$

Esto es válido para partículas bien pequeñas. Al incrementarse el tamaño de la partícula encontraremos la siguiente relación para las probabilidades de aceptado:

$$P_{aceptado} = \frac{A_p\left(r_o - r_p\right)^2}{r_o^{\ 2}}$$

A_p = relación de área abierta
r_0 = radio del orificio
r_p = radio de la partícula.

Resultados de la curva en el siguiente grafico:

1) La probabilidad de aceptación aumenta a medida que el tamaño de la partícula disminuye.

2) La probabilidad es a lo sumo igual al área abierta.

Depuración centrífuga.
Todos los depuradores centrífugos (fig. 1.11) son basados en el principio de los ciclones, fenómeno manifestado en la naturaleza, en tornados, ríos, drenajes de tanques, etc.

La separación de partículas en un fluido depende de dos factores básicos:

a) Fuerzas externas, que ejerzan diversos esfuerzos sobre el fluido y la partícula causando movimiento relativo entre los dos.
b) Resistencia de la partícula en movimiento dentro del fluido.

Al estudiar partículas esféricas en equilibrio, en un líquido bajo la influencia de fuerzas centrífugas encontramos la siguiente ecuación:

$$U = \frac{v^2\left(\rho_p - \rho\right)d^2{}_p}{18\,\mu r}$$

U = velocidad terminal de la partícula
P_p = densidad de la partícula.
P = densidad del líquido.
d_p = diámetro de la partícula.
μ = viscosidad del líquido.
r = radio del limpiador.
v= velocidad tangencial del fluido.

fuerzas generadas por un ciclón, creado para separar las partículas más pesadas, consideradas rechazos, de las partículas más ligeras consideradas como aceptado.

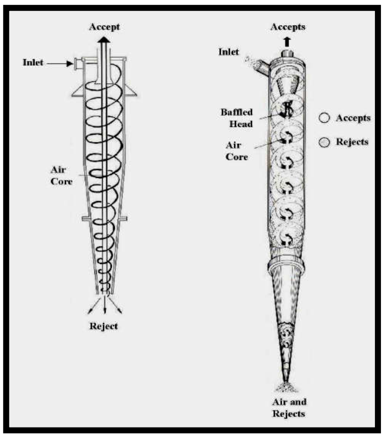
El dispositivo de forma cónica esta dotado de tres orificios:

1) Alimentación: Inyectándose el producto bajo presión hacia el interior del cono.

2) Un orificio menor en la parte estrecha del cono en el convergen las partículas de mayor peso, descendiendo por las paredes,

resultando el efecto centrífugo de presión-flujo.

3) Un orificio superior, por el cual es forzado el remolino de partículas de menor densidad debido al estrechamiento del cono y la ocupación de las zonas periféricas por las partículas más pesadas.



DEPURADORES CENTRÍFUGOS

Depuradores Conjugados.
La tecnología siempre ha procurado tomar el mejor partido de cuanto artificio exista para alcanzar un objetivo. Para depurar ocurre lo mismo, los fabricantes han conseguido maquinas que asocian el efecto tamiz, la centrifugación, presión, etc., con buenos resultados operacionales. Un ejemplo de esas maquinas es la depuradora JYLHA-SCREEN, la cual es una conjugación de tamices, rotación, vórtices, para generar presión y facilitar el proceso.
Consistencia.
Un punto muy importante en el proceso de la DEPURACION es la CONSISTENCIA, es decir, determinada combinación de pulpa y agua. Dentro de la gama de equipamientos conocidos para depuración, la gran mayoría exigen una buena dilución de la pulpa para mejorar su eficiencia, es decir, baja consistencia para que la pulpa pueda ser depurada.

Este concepto es válido tanto para depuración gruesa como para depuración fina. CONSISTENCIA, aplicada a la celulosa, significa un porcentaje en peso de la pulpa en cualquier combinación de masa y agua (pulpa).

Por consiguiente, si A es el peso o porcentaje en peso de pulpa "air dry" y B su peso o porcentaje absolutamente seco podemos escribir:

B = 0.9 x A (1)
A= B / 0.9 (2)
O:
C= Consistencia air dry (%)
P= Peso de cierta cantidad de pulpa (celulosa y agua)
A= Peso air dry de esa cantidad de pulpa

$$C = \frac{A}{P} \times 100 \ (3)$$

$$A = \frac{PC}{100}$$

$$P = \frac{A}{C} \times 100 \ (5)$$

Nota:
1) El peso específico de la celulosa es considerada 1, igual a la del agua.
2) Para facilitar la referencia, se han usado las siglas AD y OD siendo:
OD: Oven dry: absolutamente seco.
AD: air dry: aire seco
Ó
ODT: Tonelada absolutamente seca
ADT: Tonelada "air dry"

Depuración Gruesa.
El primer contacto de la celulosa en cada etapa del proceso, es con un depurador.

El objetivo es la remoción de contaminantes de gran tamaño, como por ejemplo las que aparecen después de la etapa de pulpeo; pedazos de componentes del sistema, tales como pedazos de tela, juntas, pernos, etc.

Cada pulpa requiere también un tratamiento especial, por ejemplo:

Pasta Mecánica precisa de mayor cuidado contra palillos y fichas, la pulpa Kraft y demás pastas químicas requieren la extracción de residuos en primera instancia; pastas ya tratadas, precisan de dispositivos que eviten la presencia de residuos industriales o contaminantes del propio proceso, como alambres, componentes metálicos, de goma, etc.

Este concepto debe orientar toda nuestra preocupación con la depuración. Limpiar al máximo un producto con un mínimo prejuicio del rendimiento.

En la realización de un sistema operativo para la depuración, es preciso hacer con frecuencia una verificación del rendimiento a través de la cuantificación de las pérdidas, como rechazos.

$$\text{Rendimiento}(\mu) = \frac{\text{Peso de la masa depurada}}{\text{Peso de la pulpa alimentada}} \times 100$$

$$\text{Rendimiento}(R) = \frac{\text{Peso de la masa rechazada}}{\text{Peso de la pulpa alimentada}} \times 100$$

Puntos a observar antes de escoger un depurador.
Un tamiz debe hacer un servicio definido y para obtener los resultados deseados debe tener condiciones seguras para operar. Por eso, al escoger el tipo de tamiz a ser usado, debe considerarse algunos puntos básicos:

1) **Limpieza del producto**
Es decir, una hoja libre de suciedad, ausencia de pintas, etc., que muchas veces deben ser atribuidas a deficiencias de las etapas anteriores en el proceso y cuyo origen debe ser determinado antes de culpar el tamizamiento. Debe considerarse otros factores como el tamaño de las perforaciones en las placas, consistencia de la masa y la operación del tamiz.

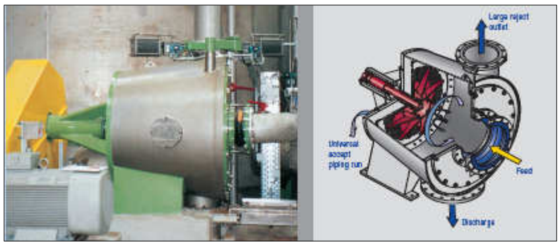
2) **Costo de la Implantación, Mantenimiento y Reparación**
Muchas veces se da una importancia indebida al costo inicial. Este debe ser considerado, cuando se tiene una idea del sistema como un todo, en conjunto con los costos de operación y reparación, espacio y cantidad de unidades necesarias y la eficiencia de cada una. Por eso, cada fábrica debe tomar su propia decisión. Los costos de operación cubren los costos de mano de obra, material y energía.

3) **Energía necesaria**
Por lo general se usa KW-h por tonelada de celulosa "air dry" en 24 horas. Finalmente cada fábrica, identifica su costo y disponibilidad.

4) **Espacio necesario**
El espacio necesario por tonelada de producto procesado en 24 horas es un factor importante, porque cada metro cuadrado de superficie ocupada, significa un costo definido de capital. Normalmente los depuradores modernos son bien compactos.

5) **Capacidad y Rendimiento del Equipo**
Es claro que la capacidad de cada tamiz debe ser la mayor posible. Lo mismo es válido para la eficiencia. Es posible aumentar la capacidad a pesar de la eficiencia de tamizamiento, mas con pruebas cuidadosas es posible determinar, la capacidad real del tamiz.

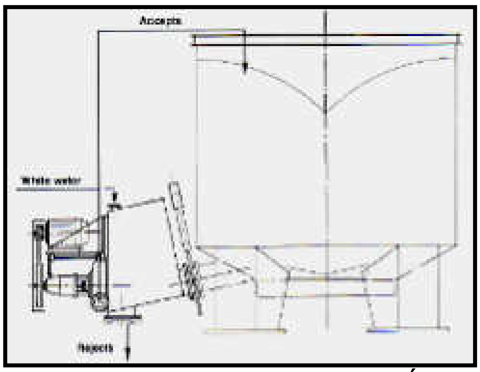
MONTAJE DE LA AMPLIACIÓN DEL SISTEMA DE DEPURACIÓN DE PASTA.
Equipos seleccionados
DEPURACION GRUESA:
Fiberizer F2TS



FIBERIZER

El Fiberizer es usado para la preparación de pasta, la remoción de contaminantes y la posterior depuración de las fibras desintegradas.

Principio de operación:
Una tina auxiliar, con un rotor operando al interior de un área de filtrado, es abierta en la parte inferior del pulper principal durante la mayor parte del ciclo de operación



PRINCIPIO DE OPERACIÓN

El flujo de pasta altamente contaminado, al comienzo del ciclo, es dirigido hacia el rotor de la tina. Una vez que la pasta es desintegrada por este rotor, retorna hacia el pulper, siendo acumulados los contaminantes en la tina.

El pulper es aislado tan pronto la tina es llenada con un determinado volumen de contaminantes. Entonces un flujo de agua es inyectado para su lavado. Después de un completo lavado, el suministro de agua es interrumpido y los contaminantes son descargados a través de un apropiado puerto de salida, sin la menor pérdida de fibras útiles.

Datos técnicos:

TABLA 3

DATOS TÉCNICOS DE FIBERIZER

Pantalla de filtrado		
Espacio de separación (pantalla de filtrado-rotor)	mm	1….2
Pesos		
Equipo (vacío)	kg	2335
Conjunto de rodamientos	kg	400
Rotor	kg	120
Pantalla de filtrado	kg	60
Datos operacionales		
Potencia máx. Suministrada	Kw	200
Potencia requerida	Kw	135
Rendimiento	T/d	98
Velocidad del rotor	rpm	416
Presión máx. de entrada	bar	2,5
Diferencial de presión	bar	0,1…..0,6
Consistencia de pasta	%	3…..6
Datos de transmisión		
Motor		
Potencia	Kw	200
Velocidad del motor	rpm	1470

TABLA 4

PARÁMETROS TECNOLÓGICOS:

Parámetros		PSN-31
Capacidad (perfomancia tecnológica actual); esto depende del tipo de materia prima y consistencia	tpd	40-60
Consistencia máxima	%	4,5
Presión máxima de entrada (p1)	kPa	150
Flujo a procesar	l/min	1800-2000
Contenido máximo de impurezas en el agua de proceso	mg/l	1500
Flujo periódico de agua para el proceso	l/min	100-2000
Flujo continuo de agua para proceso (OTN)	l/min	50-100
Contenido de agua residual en los rechazos	l/ciclo	500
Consumo de agua de sello	l/min	5-10
Presión mínima de agua de sello	kPa	p1 +50
Contenido máximo de impurezas en agua de sello	mg/l	5
Presión requerida de aire	kPa	500-600
Presión máxima de aceptado	m W.C	1,5

Para consistencias de operación más altas, que excedan el 4.5%, es necesario diluir el flujo en la línea de entrada. Si el contenido de impurezas actual de agua de proceso excede los 1500 mg/l; la eficiencia de lavado de los rechazos se ve mermada.

TABLA 5

PARÁMETROS TECNICOS:

Parámetros			PSN-31
Diámetro de los orificios de la pantalla tamiz		mm	8
Diámetro exterior del rotor		mm	600
Diámetro exterior de la pantalla tamiz		mm	670
Motor	Potencia	Kw	55
	Velocidad	rpm	984
Velocidad de operación de la máquina		rpm	523
Diámetro línea de entrada		DN; PN	300 ; 10
Diámetro línea de salida		DN; PN	150 ; 10
Diámetro de línea de rechazos superior		DN; PN	300 ; 10
Diámetro de línea de rechazos inferior		DN; PN	250 ; 10
Efectos dinámicos			3
Pesos	Rotor de trabajo	Kg	10,1
	Rotor de salida (bombeo)	Kg	9,7
	Pantalla	Kg	15,4
	Sin el motor	Kg	895
	Con el motor	Kg	1475
	Con accesorios	Kg	1889

TABLA 6

CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES

Presión de entrada	psi	25
	psi	60
Presión de aceptados	psi	5
Caída de presión	psi	20
Temperatura máx. de operación	F	180
Volumen de rechazos	%	0,5 @ 8

Limpiadores Posiflow:

Este tipo de limpiadores (Fig. 2.9) incrementa la remoción de contaminantes y reduce las tasas de rechazo de fibra. El sistema Posiflow remueve partículas de contaminantes pesados tales como arena, tintas, astillas, etc.

BANCO DE LIMPIADORES POSIFLOW

De forma similar, que en el caso de los limpiadores Uniflow, la pasta ingresa tangencialmente en la parte superior de la unidad, creando un remolino en el fluido.

Por lo general, las tasas de los rechazos descargadas por el sistema Posiflow pueden variar entre el 1% a 3% en volumen; y el 4% al 6% en peso.

En este tipo de limpiadores también se ha eliminado la necesidad de incorporar agua de elutración para evitar las pérdidas de fibras útiles con los rechazos.

TABLA 7
CARACTERÍSTICAS OPERACIONALES

Consistencia máx. de entrada	%	1
Presión máx. de entrada	psig	60
Presión máx. de los aceptados	psig	10
Caída de presión	psig	20
Temperatura máx. de operación	F	180
Tipo de operación		continua
Volumen de rechazos	%	4 @ 9

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Analizando las proporciones de consumo de OCC en los últimos años se determinó que las pérdidas de fibra se redujeron en un 0.07% durante el año 2009, considerando un 55% de OCC dentro del consumo de materia prima. Sin embargo, en lo que va del 2010 las pérdidas de fibra se redujeron en un 0.26% optimizando la proporción de consumo de OCC INO y OCC NAC en un 24% y 31% respectivamente.

De forma similar se determinó que el consumo óptimo de DKL es de un 45% (ver tabla 15 y 16) con un sistema de depuración, frente a un 46% de consumo detectado al inicio del proyecto en el año 2008.

Con la implantación de un sistema depuración fina complementario al existente se aumento la capacidad de reprocesar fibra de los bancos de limpieza existentes, detectándose una disminución en las fibras rechazadas en estas etapas durante los últimos años. Es así, que en el 2008 (antes del proyecto) estas pérdidas representaban el 1.75%; en el 2009 (con el proyecto) se redujeron al 1.69% y de lo que va del 2010 estas llegan a un valor de tan solo el 1.44% siendo este el óptimo bajo las nuevas condiciones de operación establecidas (ver tabla 14, 22,23). Esta reducción del 0.31% representa un ahorro a la empresa de USD 7626/mes (0.0031x 293 USD/Tm X 8396 Tm).

Por último con la implantación del sistema de depuración en la 2da línea de Batido del Molino 2, se ha logrado la reducción de los costos iniciales de producción por consumo de materia prima, conforme al siguiente detalle: En el año 2008 (antes del proyecto) el valor censado fue de USD 313/Tm, en el 2009 (con el proyecto) se redujo a USD 284/Tm y en el 2010 se incremento a USD 293/Tm mes (ver tabla 20).

Recomendación

En cuanto a las pérdidas mantenidas dentro del sistema de depuración, es notorio que las mayores concentraciones se han dado dentro del Hidrapulper para la depuración gruesa (incremento del 0.07%).Esto podría deberse a un desajuste entre los tiempos de operación del equipo de depurado, sería aconsejable que se revisara dicha secuencia hasta conseguir mejores resultados

BIBLIOGRAFÍA

1. Curso de Especialización en Celulosa/Depuración de Pasta Celulósica-5ta Jornada-Abtcp/Ufv-2001

2. Curso Producción de Papel-Departamento Madera, Celulosa y Papel-Centro Universitario de Ciencias Exactas e Ingenierías-Universidad de Guadalajara-Bruno Becerra Aguilar

3. Curso de Ingeniería de Cribado-Acotepac-Ing. Andrés Ostos-2007

4. Ciclo de Vida del Papel-Universidad de Chile-Patricio Velazquez-2007

5. Tappi 01/02 Technical Information Papers-Tappi-2001

6. Stock Prep. Catalogue-Kadant Lamort

7. Stock Piping Recomendations-Beloit Corporation-1991

8. Gould Pumps Technical Data-Goulds/Itt

9. Cameron Hydraulic Data-16th Edition-Ingersoll Rand-Westaway/Loomis-1984